

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM  
FÖLDTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

**Dél-dunántúli és kelet-horvátországi lösz-paleotalaj szelvények paleoökológiai  
rekonstrukciója malakológiai és üledéktani adatok segítségével**

Molnár Dávid

Témavezető:

Prof. Dr. Sümegi Pál  
tanszékvezető egyetemi tanár

FÖLDTANI ÉS ŐSLÉNYTANI TANSZÉK

SZEGED

2015

---

## Tartalomjegyzék

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Bevezetés és célkitűzés.....</b>                                 | <b>4</b>  |
| <b>2. Tudománytörténeti háttér .....</b>                               | <b>7</b>  |
| <b>3. Vizsgálati módszerek.....</b>                                    | <b>11</b> |
| <b>4. A vizsgált szelvények bemutatása, vizsgálati eredmények.....</b> | <b>16</b> |
| <b>4.1. Villánykövesd, téglagyár szelvény .....</b>                    | <b>16</b> |
| 4.1.1. A vizsgált szelvény elhelyezkedése.....                         | 17        |
| 4.1.2. A szelvény litológiai leírása .....                             | 17        |
| 4.1.3. A szelvény üledéktani elemzéseinek eredményei .....             | 19        |
| 4.1.4. A szelvény malakológiai vizsgálatának eredményei.....           | 23        |
| 4.1.5. A vizsgálati eredmények összegzése .....                        | 26        |
| <b>4.2. Múza, téglagyár szelvény.....</b>                              | <b>28</b> |
| 4.2.1. A vizsgált szelvény elhelyezkedése.....                         | 28        |
| 4.2.2. A szelvény litológiai leírása .....                             | 29        |
| 4.2.3. A szelvény üledéktani elemzéseinek eredményei .....             | 31        |
| 4.2.4. A szelvény malakológiai vizsgálatának eredményei.....           | 35        |
| 4.2.5. A vizsgálati eredmények összegzése .....                        | 39        |
| <b>4.3. Szálka, strand szelvény.....</b>                               | <b>41</b> |
| 4.3.1. A vizsgált szelvény elhelyezkedése.....                         | 41        |
| 4.3.2. A szelvény litológiai leírása .....                             | 41        |
| 4.3.3. A szelvény üledéktani elemzéseinek eredményei .....             | 42        |
| 4.3.4. A szelvény malakológiai vizsgálatának eredményei.....           | 47        |
| 4.3.5. A vizsgálati eredmények összegzése .....                        | 50        |
| <b>4.4. Atyavár (Šarengard) II lösz-paleotalaj szelvény.....</b>       | <b>51</b> |
| 4.4.1. A vizsgált szelvény elhelyezkedése.....                         | 52        |
| 4.4.2. A szelvény litológiai leírása .....                             | 52        |

---

|   |            |
|---|------------|
| 4.4.3. A szelvény üledéktani elemzéseinek eredményei .....      | 54         |
| 4.4.4. A szelvény malakológiai vizsgálatának eredményei .....   | 59         |
| 4.4.5. A vizsgálati eredmények összegzése .....                 | 63         |
| <b>4.5. Veresmart (Zmajevac) lösz-paleotalaj szelvény .....</b> | <b>64</b>  |
| 4.5.1. A vizsgált szelvény elhelyezkedése.....                  | 65         |
| 4.5.2. A szelvény litológiai leírása .....                      | 66         |
| 4.5.3. A szelvény üledéktani elemzéseinek eredményei .....      | 67         |
| 4.5.4. A szelvény malakológiai vizsgálatának eredményei.....    | 71         |
| 4.5.5. A vizsgálati eredmények összegzése .....                 | 74         |
| <b>5. Konklúziók .....</b>                                      | <b>76</b>  |
| <b>6. Összefoglaló .....</b>                                    | <b>85</b>  |
| <b>7. Summary .....</b>   | <b>88</b>  |
| <b>8. Köszönetnyilvánítás .....</b>                             | <b>91</b>  |
| <b>9. Irodalomjegyzék.....</b>                                  | <b>92</b>  |
| <b>10. Ábrajegyzék és táblázatjegyzék.....</b>                  | <b>102</b> |
| <b>11. Mellékletek .....</b>                                    | <b>105</b> |

---

## 1. Bevezetés és célkitűzés

Manapság már senki előtt sem ismeretlen fogalom a klímaváltozás. Számtalan alkalommal értesülünk róla különböző médiák által és tapasztalhatjuk meg egy különösen esős vagy száraz évszak elmúltával is. Ez a felgyorsult folyamat jelentősen befolyásolja életünket és környezetünket (talaj, növény- és állatvilág), tehát az egész bioszférára hatással van. Nyilvánvalóvá vált, hogy a klímaváltozás által előidézett szélsőségek felerősödéséhez alkalmazkodnunk kell, mivel ebben rejlik a hosszú távú túlélés és a fenntartható civilizációnk kulcsa. Ezek a klimatikus viszonyokban bekövetkezett változások egy emberöltő alatt minimálisnak tekinthetők, de kétségtelen, hogy egy nagyobb folyamat részét képezik, amely kihat egész bolygónk élővilágára. Tehát, amíg nagyapáink megemlékeznek egy-egy különösen zord télről vagy aszályos nyárról, addig ne feledkezzünk meg a jelen problémáiról (folyamatos belvízproblémák, enyhe telek), mert ezek mind-mind annak a bizonyos folyamatnak a részeit képezik, melyek meghatározhatják gyermekeink és unokáink életét valamint az akkori növény- és állatvilágot.

Természetesen rögtön megfogalmazódik bennünk a kérdés, hogy napjainkban a földtudomány és az ezen belül zajló kutatásaink miként tudnak hozzájárulni ennek a bonyolult folyamatnak a megértéséhez. Számtalan tanulmány született már, amely segítségével rekonstruálható a klíma- és környezeti változások intenzitása és esetleges kimenete. A földtudomány nyilvánvalóan nem feltétlenül a recens exogeológiai folyamatok vizsgálatával közelíti meg a problémát, néhány szegmense, úgymint a paleoklimatológia és a paleoökológia alapja a múltban bekövetkezett klimatikus és környezeti változások tanulmányozása. Ugyanis a múltban lezajlott események vizsgálatával következtethetünk a közeli, illetve a távoli jövő esetleges éghajlati és környezeti változásaira egy adott vizsgálati területen.

Azok a területek lehetnek vonzóak paleoökológiai és paleoklimatológiai vizsgálatok céljából, melyek jelentős mennyiségű, rövid időintervallumot (évtizedes, szerencsés esetben éves, féléves) átfogó adatot képesek szolgáltatni egy viszonylag hosszú időszakról. Kétségtelen, hogy a löszös üledékek tökéletesen megfelelnek a fent említett vizsgálatok szempontjából, mivel nagyon jól konzerválják a keletkezésük idején fennálló környezeti-klimatikus viszonyokat. És mivel rövid idő alatt jelentős vastagságú üledékrétegek rakódtak le, így igen finom léptékű, akár évtizedes felbontásban is egészen hosszú (több ezer, akár több százezer éves) időintervallumok vizsgálata is lehetségessé válik.

Ezek alapján nyilvánvaló, hogy a Kárpát-medence mintegy 10-15%-át borító negyedidőszaki löszös üledékek kiváló vizsgálati területként szolgálnak, továbbá hazánk lösszel fedett területei számtalan vizsgálati kutatás részét képezték, ezáltal is gazdagítva tudományos

---

ismereteinket ebben a témában. Így problémássá vált egy olyan vizsgálati terület kijelölése, mely még kevés figyelmet kapott e tudományterülettől. A legjobban feldolgozott területek részét képezik a Duna menti területek, Budapest környéke, valamint a Bácskai löszhát. Mindezeket figyelembe véve jelen dolgozat célja egy olyan terület bemutatása volt, amelyeken még nem történtek nagy volumenű, több vizsgálati tényezőn alapuló, ún. multi-proxy vizsgálatok. Egyik vizsgálati terület a Dunántúl délkeleti része, ahol három szelvény feldolgozása történt meg, valamint továbbnyúlva az országhatáron, a Duna jobb partjának horvát szakaszán további két szelvényből történt mintavételezés.

Az említett öt lösz-paleotalaj szelvény vizsgálatával néhány fontos, eddig még megválaszolatlan kérdésre keresem a választ, melyek hozzájárulhatnak az eddigi tanulmányok alapján a Kárpát-medencében található löszök és löszszerű képződmények paleoökológiai és szedimentológiai rekonstrukciójának teljesebbé tételéhez. Ezen kérdések egy része általános paleoökológiai problémák felvetése, többi részük inkább a multi-proxy vizsgálatok szükségességét, alkalmazhatóságát taglalja.

Az első és legfontosabb kérdés a korábbi munkákban (Sümei, 1995, 1996b; Sümei & Krolpp, 1995, 2002; Sümei & Hertelendi, 1998) több területről is bizonyított környezeti mozaikosság. Ez alapján megfogalmazódott bennem a kérdés, hogy vajon az általam megvizsgált öt szelvény mutat-e bármiféle hasonlóságot, egységesítő jelleget egymással, és ha igen, melyek lehetnek azok, vagy éppen egy teljesen különböző paleoökológiai és üledéktani eredményssorozatot kapok?

A második kérdésem a szelvények elhelyezkedésével kapcsolatos. Mind az öt vizsgált szelvény a Duna jobb partján helyezkedik el, némelyek egészen közel, mások távolabb. Ezen szelvények paleoökológiai eredményeit összevetve a Duna bal parti területek (Bácskai löszhát, Vajdaság) ezirányú vizsgálataival tapasztalhatóak lesznek-e szignifikáns különbségek, avagy sem? Azaz lehetséges-e az, hogy a Duna jobb és bal partján azonos időhorizontokban eltérő fajösszetételű csigapopulációk fejlődjenek ki, ezáltal is bizonyítva a Duna földrajzi/ökológiai gát (barrier) mivoltát ebből a szempontból?

A csigapopulációk vizsgálata során kapott eredmények alapján több kérdés is felvetődött. Az első és egyben a legfontosabb az, hogy egy adott csigafaj refúgium területének (ahol még számára kedvezőtlen éghajlati és környezeti körülmények között is megtalálható) meghatározása lehetséges-e csupán egy adott szelvényben vizsgált dominancia viszonyai alapján.

A csigapopulációk fontos tulajdonsága az abundancia és a dominancia. Adott abundancia értékek szükségesek a megfelelő pontosságú statisztikai elemzésekhez (Krolpp, 1983), tehát fontos az, hogy egy mintában minél több példány legyen. Emellett törekedni kell az egységes

---

mintavételre (Krolopp, 1962, 1965, 1973, 1983) is. Viszont előfordulhat olyan eset, amikor egy mintában igen alacsony, vagy éppen nulla az egyedszám. Egy ilyen probléma esetén felvetődik a kérdés, hogy mely tényezők befolyásolhatják egy adott szelvényben a fosszilizálódott csigahéjak mennyiségét.

A fentebb említett időhorizontok meghatározásához szükséges, hogy egy szelvényt el tudjunk helyezni az időben. Ehhez különféle geokronológiai, kormeghatározási módszereket használhatunk: radiokarbon, stimulációs vizsgálatok (IRSL, OSL), aminosav vizsgálatok, uránsorozat, stb. Viszont megtörténhet az is, hogy egy szelvény nem rendelkezik abszolút koradatokkal, ilyenkor felvetődik az a kérdés, hogy van-e esélyünk arra, hogy korrelálható legyen más, abszolút koradatokkal rendelkező szelvényekkel, csupán a faunaösszetétele, vagy az üledéktani tulajdonságai alapján. Vagyis csupán a biosztratigráfia eszközeivel lehetséges-e térbeli korreláció?

Az utolsó, de korántsem jelentéktelen kérdés pedig az, hogy egy adott lösz-paleotalaj szelvényen elvégzett komplex (multi-proxy) vizsgálatok mennyit tehetnek hozzá a paleoökológiai rekonstrukcióhoz, azaz milyen új információkkal szolgálhatnak a rekonstrukció teljesebbé, tökéletesebbé tételéhez.

E fő szempontok inspirálták a mintavételt, valamint a különféle elvégzett vizsgálatokat. Természetesen a kérdések közül néhány nem kiindulási kérdés volt, hanem a vizsgálatok alatt, vagy épp az eredmények kiértékelésekor fogalmazódott meg, de mindezek ellenére mégis fő iránymutató kérdéseknek tekinthetők. A tényleges vizsgálati eredmények bemutatása előtt azonban fontos áttekinteni a löszökön végzett kutatási előzményeket, a jelenleg rendelkezésre álló metodika fejlődését, valamint természetesen a vizsgált területen korábban elvégzett kutatásokat is.

Mindezen kérdések mellett fő motiváló tényező az volt, hogy a Földtani és Őslénytani Tanszék volt és jelenlegi kutatóinak több, mint 50 éve megkezdett munkáit folytassam a Dunántúl déli részén és a Duna völgyének horvátországi szakaszán.

---

## 2. Tudománytörténeti háttér

A löszök és löszszerű üledékek tudományos vizsgálata a Kárpát-medencében mintegy 150 éve kezdődött (Wolf, 1867), de a legkorábbi felismerések, tudományosan tekinthető leírások már a XVIII. századból ismeretesek. Természetesen a leglátványosabb vizsgálati típus a löszökben fosszilizálódott puhatestű, túlnyomórészt csigahéjak paleontológiai vizsgálata volt. Mivel a jelenlegi ismeretek szerint a löszök és löszszerű képződmények csak a pleisztocén során képződtek (Pécsi, 1993; Sümegi, 2011), így ezen üledékek vizsgálata egyértelműen a pleisztocénben lejátszódott események rekonstruálására ad lehetőséget.

A puhatestűek vizsgálata, és általánosságban a flóra és fauna vizsgálatok a biológia és a taxonómia fejlődésével egyre nagyobb szerepet kaptak. A jelenleg is használatos taxonómiai tételt, a latin alapokra építő kettős nevezéktant Karl Linné fogalmazta meg az 1758-ban kiadott *Systema Naturae* című munkájában. A kettős nevezéktan bevezetése lehetőséget adott egy egységes, mesterségesen létrehozott rendszer megalkotására (Linné, Risso, Montagu, Müller, stb.) (Sümegi, 2011).

A XIX. századra a taxonómia mellett a rétegtani kutatások is előtérbe kerültek, és egyre nagyobb érdeklődés kísérte a negyedidőszaki üledékek kutatását, mind sztratigráfiai, mind paleontológiai szempontból. A rétegtani és őslénytani eredmények alapján megszülettek az első kísérletek a pleisztocénben lejátszódott klímaváltozások rekonstruálására. Ezen eredmények, és az előrehaladott őslénytani, konkrétan a löszök malakológiai vizsgálatai (Braun, 1847) és moréna rétegek elemzése (Heer, 1865) alapján a század második felére megszületett a pleisztocént több lehülési és felmelegedési periódusra tagoló, ún. poliglacialista elmélet (Sümegi, 2001, 2007, 2011).

A XX. századra a korábbi vizsgálati módszerek összehasonlíthatatlansághoz vezető sokszínűségének felszámolására egységesítették a vizsgálati módszertant, így természetesen negyedidőszaki rétegekből származó molluszka maradványokat vizsgáló kvartermalakológiában is. A század közepétől a gerinces paleontológia vizsgálati módszereit adaptálva a malakológia területén is kialakultak a fő vizsgálati trendek. Természetesen nem csak fosszilis, hanem recens malakológiai kutatások is folytak, amelyek nagymértékben elősegítették a negyedidőszaki malakológiai kutatások fejlődését (Sparks, 1961; Ložek, 1964; Meijer, 1985), fontos taxonómiai (Likharev & Rammelmeier, 1962; Ložek, 1964; Kerney et al., 1983) és statisztikai (Rousseau, 1990) munkák megszületését.

A Kárpát-medence negyedidőszaki képződményeinek malakológiai vizsgálata a XIX. század második felében indult meg (Wolf, 1867; Lóczy, 1887; Halaváts, 1891), majd a XX. század elejétől már statisztikai-összehasonlító jellegű vizsgálati eredményeket közöltek: elterjedési,

---

őshajlattani rekonstrukciókat és a különféle lelőhelyek faunáinak elkülönítését (Horusitzky, 1903, 1905, 1909, 1911). A következő fontos lépést Kormos Tivadar tette, aki munkáiban széleskörű, eddig fel nem tárt lelőhelyek malakológiai vizsgálataival próbálta igazolni a pleisztocénben lejátszódott éghajlati változásokat (Kormos, 1905a, 1910a, 1910b). Emellett taxonómiai téren is úttörő megoldásokkal jelentkezett (Kormos, 1904, 1905b, 1906), valamint új fajokat írt le (Kormos, 1909). Így elmondható, hogy a magyar negyedidőszaki malakológia egyik igen fontos, korszakalkotó személyisége volt.

Recens malakológus volt a XX. század közepén Soós Lajos, viszont taxonómiai konklúziói és ökológiai megfigyelései igen jól használhatók a negyedidőszaki kutatások során is (Soós, 1943; 1955-1959). Kulcsfontosságú faunatörténeti megfigyelései alapján a faunák eredetét a miocén időszakig vezeti vissza, tézisei szerint számos recens faj már a pliocénban is megjelent, és az összképen a jégkorszak számottevő változást már nem tett. A következő mérőföldkő Rotarides Mihály nevéhez fűződik, paleoökológiai, taxonómiai és morfológiai megfigyelésein (Rotarides, 1931, 1942, 1953) túl az ő nevéhez fűződik az első hazai negyedidőszaki malakológiai határozó is (Rotarides, 1943). A magyarországi pleisztocén képződmények fauna alapú tagolása Rotarides tanítványának, Horváth Andornak a nevéhez fűződik (Horváth, 1954a, 1954b).

Az 1950-es évektől az egyeléses, nagy léptékű gyűjtést felváltották a tömeges, finomabb felbontású mintavételi technikák, melyek sokkal alaposabb, statisztikai alapú kvantitatív elemzést, valamint a különböző lelőhelyek korrelációját tették lehetővé. Az új módszertan miatt a negyedidőszaki malakológia az 1960-as évekre kvartermalakológia néven új tudományterületté vált. Számos kutató foglalkozott kvartermalakológiával (Szónoky, 1963, 1978; Mucsi, 1963; Bartha, 1964; Bába, 1966, 1994; Fűköh, 1978, 1990; Fényes, 1981; Hum, 1998), munkáikat hamarosan bibliográfia formában is kiadták (Merényi, 1983).

A mai magyarországi kvartermalakológiai arculat kialakítását Krolopp Endrének és tanítványainak köszönhetjük. Krolopp malakológiai vizsgálatai alapján elkülönítette a középső- és felső-pleisztocén löszöket, valamint pontosította a pliocén-pleisztocén és a pleisztocén-holocén határt. Taxonómiai megfigyelései alapján a korábbi pleisztocén faunák fajszerkezetét (Rotarides, 1931) több mint 60%-kal növelte (Krolopp, 2002), fundamentális biosztratigráfiai megállapításokat tett (Krolopp, 1973, 1983), felismerte több faj korjelző szerepét (Krolopp, 2002). Pleisztocén típusszelvények malakológiai anyagát határozta meg, valamint újra vizsgálta a korábbi eredményeket (Krolopp, 1980a, 1980b, 1981, 1982, 1990, 1992). Az általa kidolgozott finomrétegtani mintavételi és feldolgozási eljárás kisebb módosításokkal a mai napig használható (Krolopp, 1983), emellett több sztratigráfiai kérdést is megválaszolt (Kretzoi & Krolopp, 1972; Kordos & Krolopp, 1990; Krolopp, 1995, 2002).



---

Felismerte azt, hogy a malakofauna önmagában is alkalmas paleoökológiai rekonstrukcióra, és lefektette a malakofaunákon alapuló paleoökológiai-paleoklimatológiai csoportosításnak (biozónák, alzónák) az alapjait, amiket a tanítványai vittek tovább, a pleisztocén tagolást Sümegi Pál (Sümegi, 1989, 1995b, 1996b, 2005; Krolopp & Sümegi, 1992; Sümegi & Krolopp, 1995, 2002), a holocén tagolást pedig Fűköh Levente (Fűköh, 1990). Javaslatára egy új bibliográfia készült (Fűköh & Krolopp, 2004; Varga et al., 2005). Munkásságának legjelentősebb mozzanatai a taxonómai és a sztratigráfiai eredmények.

Krolopp tanítványa, Sümegi Pál komplex vizsgálatokat folytat, nagyszámú löszszelvényt és holocén szelvényt dolgoz fel. A malakológiai vizsgálatot nem önállóan, hanem mint a multi-proxy paleoökológiai vizsgálatsorozat részeként értelmezi egy sokkal teljesebb környezettörténeti rekonstrukció előállítására érdekében, főként felső-pleisztocén löszös üledékeken (Sümegi, 1989, 1995b, 1996b, 2001, 2005, 2007). Hangsúlyozza az abszolút kormeghatározás szükségességét, amely nélkül a különböző lelőhelyek csak igen nehezen korrelálhatók egymással. A vizsgált szelvényein alkalmazott számos radiokarbon mérés (Hertelendi et al., 1992; Sümegi, 1996b; Sümegi & Hertelendi, 1998, 2001; Sümegi et al., 2007) segítségével lehetségessé vált a különféle szelvények kronológiai korrelációja (Sümegi, 2005). Sümegi a korrelált szelvények faunaváltozásaiból egy sajátos éghajlati-környezettörténeti modellt alkotott meg (Sümegi, 2007, 2011), ennek segítségével megállapította, hogy a pleisztocén során mikro-, mezo- és makroszintű ciklusok alakultak ki (Sümegi, 1996b). Mindezek mellett felfedezte a Kárpát-medence környezeti mozaikosságának a lehetőségét, melyet a sajátos klímaviszonyokkal állított párhuzamba (Sümegi et al., 1991; Sümegi, 1996b), valamint megállapította, hogy a lokális mozaikosság hatással van a fauna összetételére. Megállapította továbbá azt, hogy az önálló ökológiai csoportok a környezeti változásokra területi fluktuációval reagálnak (Sümegi, 2007), ezek alapján több refugialis területet is kijelölt Magyarországon (Sümegi, 1996b, 2001, 2005, 2007; Willis et al., 2000; Sümegi & Gulyás, 2004).

A délkelet-dunántúli terület negyedidőszaki képződményeinek kutatása már a XIX. század közepén megindult. Elsőként a Pannon üledékek és vörösiszapok felszíni előfordulásáról és a lösz területi vastagságáról közöltek tanulmányt (Szabó J., 1863), majd a XX. század eleji agrogeológiai munkákban találhatók még fontos adatok a helyben fellelhető löszös alapkőzetről (Treitz, 1903a, 1903b). Az átfogóbb vizsgálatok az első világháború utáni térképezési munkák során történtek a területen (Kadić, 1925). Kadić volt, aki először különítette el a szálaban álló rétegzetlen, valamint az áthalmazott löszöket. Emellett a terület szabályos völgyhálózatát tektonikai eseményekre, konkrétan táblás feldarabolódásra vezette vissza (Kadić, 1925; Strausz, 1942).

---

A terület negyedidőszaki, különösen az áthalmozott löszös üledékek vizsgálata az 1960-as években lendült fel, számos lelőhely vizsgálatával (Leél-Össy, 1953; Szabó P.Z., 1957; Pécsi, 1962), majd az 1980-90-es években új lendületet kapott (Kriván, 1987; Pécsi, 1993, 1997; Czigány, 1997).

A délkelet-dunántúli terület löszös képződményeinek malakológiai vizsgálata az 1960-as években kezdődtek Krolopp Endre kutatásaival (Krolopp, 1966, 2000). Majd az 1990-es évek végén, 2000-es évek elején folytatódtak, amikor is Hum László (Hum, 1998, 1999, 2000, 2001, 2005; Hum & Sümegi, 2001; Hum et al., 2006), majd Újvári Gábor (Újvári, 2000, 2001, 2002a, 2002b, 2003, 2004a, 2004b, 2006) végzett malakológiai jellegű vizsgálatokat a területen. Azóta malakológiai vizsgálatok nem történtek a területeken, de a löszképződmények más irányú, főként szedimentációs-geokémiai vizsgálata tovább folytatódott (Újvári et al., 2010, 2014; Varga et al., 2011).

---

### 3. Vizsgálati módszerek

A vizsgált három délkelet-dunántúli és két horvát lösz-paleotalaj szelvényen uniformizált vizsgálat sorozatokat végeztünk abból a célból, hogy mindegyik szelvényről ugyanazon módszerekkel előállított adatsorokat kapjunk a jobb korreláció érdekében. A fő vizsgálati aspektus egyértelműen a malakológiai vizsgálat volt, de emellett több üledéktani jellegű vizsgálatot is elvégeztünk. Az üledéktani vizsgálatok mintaköze a mindenkori malakológiai vizsgálat mintaközével egyező volt. Az elvégzett üledéktani vizsgálatok a következők voltak: szervesanyag és karbonáttartalom vizsgálat, szemcseösszetételi vizsgálat, mágneses szuszceptibilitás vizsgálat, geokémiai főelem tartalom vizsgálat. A szelvények abszolút korát radiokarbon és IRSL kormeghatározásokkal adtuk meg.

#### *Malakológiai vizsgálat*

A malakológiai vizsgálat több lépésből áll, amelyek a következők: mintagyűjtés, iszapolás, határozás. A vizsgált szelvények mintaközei 10 és 25 cm között oszlanak meg, ami kissé megnehezíti a tökéletes korrelációt, de az elfogadott finomrétegtani (Krolopp, 1983) mintagyűjtési szabályoknak eleget tesz. Persze azóta történtek jóval kisebb mintaközü vizsgálatok (4 cm), amelyek konkrét szelvények nagy felbontású, mikrociklusos változásainak kimutatását tűzték ki célul, sikeresen (Sümegi, 1996b, 2003, 2004, 2007; Hupuczi & Sümegi, 2010; Persaits & Sümegi, 2011; Hupuczi, 2012). Ám ilyen léptékű felbontás öt, eddig ismeretlen vagy kevésbé ismert malakofaunával rendelkező szelvény esetén elhamarkodottnak tűnhet, és nagyságrendekkel több munkával jár a feldolgozás is. Így a megmintázott öt szelvényt, mintegy térképező jelleggel, 12 cm-es, 25 cm-es és 10 cm-es mintaközökkel mintáztuk meg.

A mintavételi eljárás a vizsgált löszfal 5-10 cm mélységű megtisztításával kezdődik, ami nemcsak a sztratigráfiai leírást segíti, de így egy bolygatatlan, jó esetben függőleges falat kaphatunk. A sztratigráfiai leírás után a választott mintaközöket erre a megtisztított felületre kell felvinni. A mintagyűjtés a korábbi normákkal (Krolopp, 1983) szemben nem átlagmintázás, hanem a mintaközön belül a teljes üledékmennyiség kiemelésével történik, egységesen mintegy 5 kilogrammnyi mennyiségben (Sümegi, 1996a, 1996b; Hupuczi, 2012). Az üledékminták begyűjtése után a Földtani és Őslénytani Tanszék laborjában megtörtént a minták iszapolása, azaz a száraz anyag adott lyukbőségű (0,8 mm) szitákon vízzel történő átmosása. A löszös üledékek általában könnyen és gyorsan iszapolhatók, de munka megkönnyítése végett 10%-os H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-dal lettek kezelve (Krolopp, 1983; Hum, 1998; Sümegi, 2001), ami nem csak az iszapolást könnyítette meg, de a molluszkák héjakát is sokkal jobban

megtisztította, ami a határozásnál jelentős könnyebbséget jelentett. A szitákon maradt héjakat és konkréciókat szárítás után kiválogattuk, azaz a határozásra alkalmas héjakat kiemeltük a mintából.

A faji szintű határozás a csigahéjak morfológiai bélyegei alapján történt a Földtani és Őslénytani Tanszék referenciaanyaga és különféle határozók segítségével (Boycott, 1934; Soós L., 1943; Ant, 1963; Ložek, 1964; Kerney et al., 1983; Sysoev & Schilevko, 2009; Welter-Schultes, 2012). A fajsztintű határozás segítségével különféle egyszerű matematikai módszerekkel, és persze ismerve a különféle csigafajok környezeti-klimatikus igényeit, könnyedén készíthetők környezet- és klímarekonstrukciós adatsorok (Krolopp, 1983; Sümegi, 1989; Krolopp & Sümegi, 1992, 1995; Sümegi & Krolopp, 1995).

A kapott mintánkénti faj és egyedszám alapján több statisztikai következtetést is le lehet vonni. Az első ilyen a mintánkénti egyedszám, az abundancia. Az abundancia több dologtól is függ. Magas abundancia értékek tapasztalhatók a lösz-paleotalaj szelvények löszrétegeiben, és alacsony értékek a talajosodott horizontokban. Abból a feltételezésből kiindulva, hogy az adott időhorizontok faunái között nem volt számottevő abundancia különbség, így ennek az okát valószínűleg külső hatásban kell keresni. A másik, statisztikailag az öko-csoportok létrehozásában hatékonyabb tényező az adott mintán beüli százalékos faji eloszlás száma, a dominancia. A dominancia értékeket és a meghatározott fajok ökológiai igényeit ismerve, minden mintában létrehozhatók öko-csoportok, amelyek egy általános képet adnak az adott mintába zárt időhorizont környezeti-klimatikus viszonyairól.

Az ökológiai csoportokat három fő szempont szerint lehet kialakítani: a hőmérsékleti igény, a páratartalmi igény és a növényzeti borítás igénye (Sümegi & Krolopp, 1995; Sümegi, 1996b, 2001) (1. táblázat) szerint. Mindhárom tényező változása szoros összefüggésben áll egymással és a külső körülmények (mezo- és makroökológiai) változásaival egyaránt.

| Hőmérsékleti igény | Páratartalmi igény | Növényzeti borítás igénye                              |
|--------------------|--------------------|--|
| hidegkedvelő       | higrofil           | zárt vegetációt kedvelő (erdei)                        |
| hidegtűrő          | szubhigrofil       | nyílt és zárt vegetáció határán élő (ecoton v. ökotón) |
| mezofil            | mezofil            | nyílt vegetációt kedvelő (sztyeppe)                    |
| melegkedvelő       | xerofil            |  |

1. táblázat: A szárazföldi csigafajok ökológiai igényei szerinti csoportok (Sümegi, 2001)

### **Szevesanyag és karbonáttartalom**

A szervesanyag és karbonáttartalom vizsgálatokhoz a Dean (Dean, 1974) által kifejlesztett izzításos tömegveszteség vizsgálatot alkalmaztuk. A vizsgálat lényege az, hogy az előzetesen szárított és porított üledékmintákat különböző hőmérsékleteken izzítókemencében izzítjuk,

---

majd – minden izzítás után – lemérjük a tömeget, és a jelentkező tömegvesztésekből kiszámoljuk a szervesanyag és a karbonáttartalom értékeit. A szervesanyag kiégetése 550°C-on, a karbonáté 900°C-on történt. A kapott adatokat a mélység függvényében diagramokon ábrázoltuk.

Egy adott szelvény szervesanyag és karbonáttartalom értékeiből a szelvényt felépítő üledék változásaira deríthetünk fényt. A két érték általában fordítottan arányos egymással, magas szervesanyag értékek alacsony karbonáttartalmat sejtetnek, és viszont. A lösz-paleotalaj szelvényekben magas szervesanyag tartalmat általában a paleotalaj szintekben mérhetünk, köszönhetően a pedogenezis során történő szervesanyag feldúsulásnak. A pedogenetikus folyamatok és a mállás igen kedvezőtlenül hat a karbonáttartalomra, így általában a paleotalajok karbonáttartalma igen alacsony, de a jól fejlett paleotalaj szintek B/C szint átmenetében a kioldott karbonát összegyűlik, egy karbonát akkumulációs zónát alkotva. A folyamatot dekarbonizációnak is szokták nevezni (Dokuchaev, 1879; Ding et al., 2001).

### ***Szemcseösszetételi vizsgálat***

A szelvényekből származó üledékminták szemcseösszetételi vizsgálata során Bokhorst módszerét vettük alapul (Bokhorst et al., 2011). A légszáraz mintákat a vizsgálat előtt hidrogén-peroxidos (30%  $H_2O_2$ ), majd sósavas (10% HCl) fürdőben előkezeltük, a szervesanyagok és a karbonátok eltávolítása érdekében, majd közvetlen a mérés előtt 10 percig ultrahangos tisztítóban szüntettük meg a szemcsék koagulációját.

A mérést az Omec által gyártott Easysizer 20 típusú lézerszedigráf segítségével végeztük el, ami 42 adott szemcseméret tartományra mérte le a mintát, melyből gyakorisági és kummulatív értékeket számolt. A kapott értékeket a Wentworth-skála (Wentworth, 1922) szerinti szemcseméret tartományokba rendeztük, az eredmények grafikus ábrázolását 100%-ig halmozott diagramokon ábrázoltuk a könnyebb összehasonlíthatóság miatt.

A szemcseösszetétel grafikus elemzése is számos információval gazdagíthatja a vizsgálati eredményeket. A különféle szemcseosztályok arányának alakulása több dologra vezethető vissza, ezek között a legfontosabb a mállás. A mállás során a nagyobb üledékszemcsék aprózódnak, szétesnek, így a finom frakciók aránya a mállott üledékekben megnövekszik. Emellett a másik fontos frakció, amit érdemes nyomon követni, a homokfrakció aránya a vizsgálat szelvényben. Mivel a lösz főként középszemű, és durva aleuritből áll (Smalley & O'Hara-Dhand, 2012), így a relatíve magas homoktartalom (illetve hasonlóképp az agyagtartalom is) az akkumulációs viszonyok megváltozását feltételezi. De míg a magas agyagtartalom inkább posztgenetikus folyamatok eredménye, addig a magasabb

---

homoktartalom a transzportációs közeg, jelen esetben a szél és a folyók energiaviszonyainak megváltozására utal (Pye, 1995).

### ***Mágneses szuszceptibilitás (MS) vizsgálat***

A vizsgálatához száraz, homogenizált (porított) üledékmintákra van szükség. Az MS vizsgálat az adott üledékmintában található mágnesezhető elemtartalmat határozza meg egységnyi térfogatra vetítve. Az ilyen elemek leggyakrabban a magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), a maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) és a hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). A mágnesezhető szemcsék nem csak a ferromágneses elemek, hanem az olyan  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  és  $\text{Mn}^{2+}$  tartalmú ún. paramágneses elemek is, amelyek pl. egyes agyagásványok, vas- és mangán-karbonátok, stb. A vizsgálatokat a Földtani és Őslénytani Tanszék tulajdonában lévő Bartington MS2 készülék MS2K szenzorát használva végeztük el. Tehát a vizsgált üledékminták mágneses szuszceptibilitása ezen elemek, ásványok mennyiségétől függ. Természetesen egy lösz-paleotalaj szelvényben ezen elemek eloszlása korántsem homogén, feldúsulásuk leginkább a pedogenezishez köthető. Azaz a paleotalaj szintekben általában magas, míg a löszközegekben alacsony értékek mérhetők. Egy adott szelvényt végigmérve egy ún. MS-görbét kapunk, ami igen jól korrelálható más vizsgálatok hasonló görbéivel, emellett a sztratigráfiai leírásban is a segítségünkre lehet. Jó korrelálhatóságát, valamint a magas és alacsony értékek jelentőségét már az 1980-es években felfedezték (Kukla et al., 1980; Kukla, 1987), és azóta a kínai lösz-paleotalaj szelvényeken végzett MS vizsgálatok korrelációs referencia görbéként funkcionálnak (Zhou et al., 1990; Maher, 1998; Ding et al., 2005; Gibbard & Cohen, 2008).

### ***Geokémiai vizsgálat***

A geokémiai vizsgálat több lépcsőből áll, melyet az MSZ 21470-50:2006 szabvány központosan szabályoz (Magyar Szabványügyi Testület, 2006). A vizsgálatot a megfelelően előkészített (légszáraz) minták királyvizes feltárása indítja. Az erős sav kioldja az üledékből a savoldható elemeket, melyek a folyadékba kerülnek. Ezeket adott idő (24 vagy 48 óra) elteltével lepipettázzuk, hígítjuk, mintatartóba töltjük, és a vizsgálatig hűtőszekrényben tároljuk. A vizsgálatához egy PerkinElmer AAnalyst 100 típusú atomabszorpciós spektrofotométert használtunk, mely szárazanyag tartalomban (mg/kg) mérte le az oldott elemtartalmat. A vizsgálat csak főelemekre készült, melyek a kalcium, magnézium, nátrium, kálium, vas és mangán voltak.

A lösz-paleotalaj szelvények geokémiai vizsgálata külön tudományterületnek tekinthető, számos publikáció található ebben a témában. Nem véletlen, hiszen a geokémiai vizsgálatokból igen sokrétű információt szolgáltatnak, főként posztgenetikus folyamatokról,

---

de akár az üledékszemcsék származási helyét illetően is (Liu et al, 1993; Gallet et al., 1996, 1998; Ding et al., 2001; Jahn et al., 2000; Jeong et al, 2011). Fontos megemlíteni, hogy különböző elemek különbözőképp reagálnak a rájuk ható geokémiai, különösképp a pedogenetikus folyamatokra. Pedogenezis során a főelemek közül néhány beoldódik, és eltávozik a vizsgált szintből, néhány elem viszont épp a talajképződés helyén dúsul fel (Bohn et al., 1985; Cresser et al., 1993; Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2000; Kabata-Pendias, 2001). Az általam *mállásérzékeny* elemnek elnevezett kalcium és magnézium a talajképződés során beoldódnak, és eltávoznak a szintből, majd a B/C szint átmeneti horizontjában tömegesen akkumulálódnak (Ding et al., 2001). A másik csoport a *mállást kísérő* elemek csoportja, a kálium, a vas és a mangán, mely a paleotalaj szintekben nagyobb mennyiségben található meg a szelvényben. A kakukktójas a nátrium, mely inkább mállásérzékeny elemnek mondható, de több szelvényben nem így viselkedett. Lehetséges, hogy a nátrium viselkedését a helyi viszonyok is szabályozzák (Bohn et al., 1985).

Tehát alapvetően a főelemek koncentrációjának változásai a vizsgált szelvényben lezajlott posztgenetikus folyamatokat – kiváltképp a pedogenezist – jelölik, amik végigkövethetők a mélység függvényében. A főelemek aránya és a mállás közt is vannak összefüggések, melyek a különböző elemek arányaiból adódhatnak. A fő viszonyítási alap általában az alumínium (Nesbitt & Young, 1989; Gallet et al., 1996, 1998; Hum, 1998; Jahn et al., 2000; Buggle et al., 2011; Gocke et al., 2014), de emellett számos más hányados is használható. E dolgozatban a mállottság mérésére a K/Na és a Ca/Mg hányadosokat alkalmaztuk, de utóbbi hányados a karbonátok szerkezetére, a kalcit/dolomit arányra is utalhat (Hum, 1998; Jeong et al., 2011; Wimpenny et al., 2014).

### ***Abszolút kormeghatározás, egyéb alkalmazott módszerek***

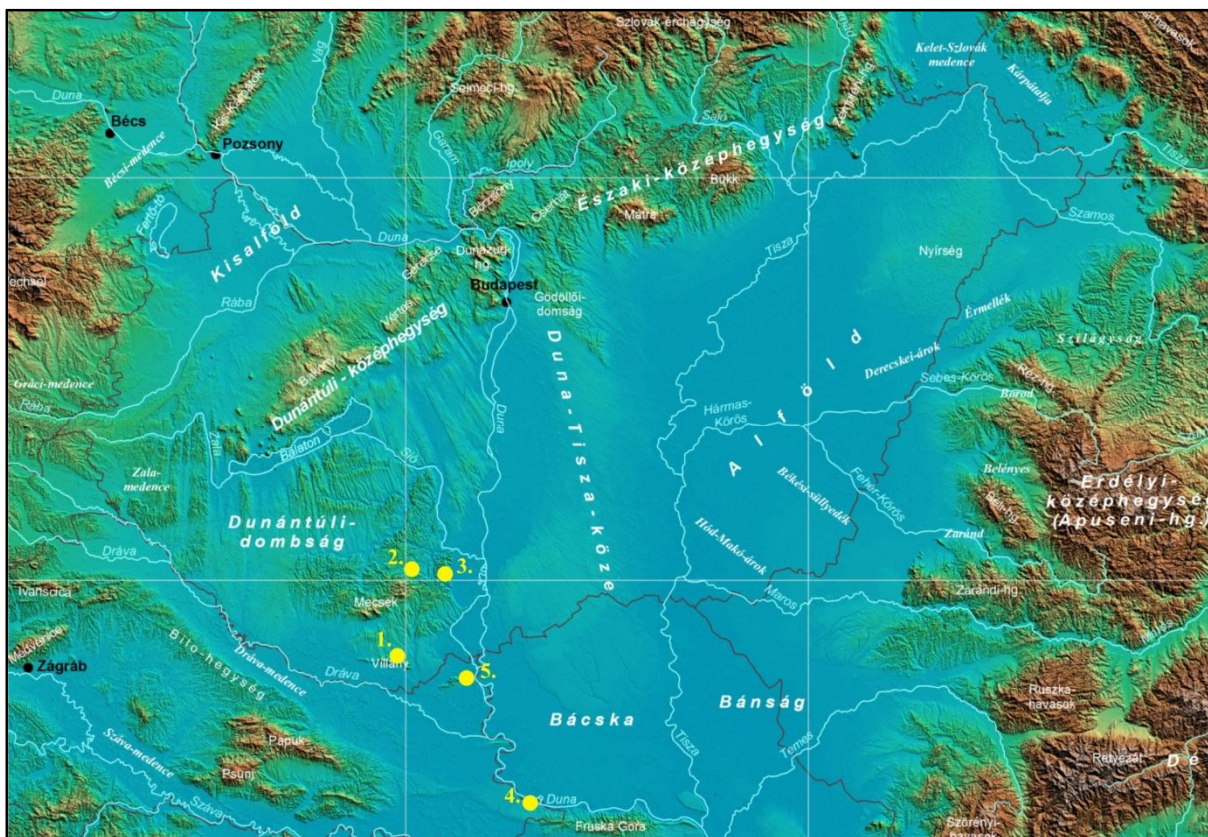
A vizsgált szelvények esetén fontos tényező az idő. Az, hogy el tudjuk helyezni az eredményeket az időben, a korreláció egyik alapfeltétele (Sümegei, 2005). Ehhez különféle abszolút kormeghatározási módszereket használhatunk, a vizsgált szelvények esetén radiokarbon kormeghatározást (DirectAMS Labor, Seattle, USA) és infravörös fénnel stimulált lumineszcens (IRSL) kormeghatározást (Galović et al., 2009; Wacha et al., 2013) alkalmaztunk.

Az eredmények grafikus ábrázolásához a Psimpoll programcsomag (Bennett, 1992) volt segítségünkre. A nyers radiokarbon koradatok kalibrálására a Calib 6.1.0 programot (Stuiver & Reimer, 1993) használtuk. A terepen meghatározott sztratigráfiai egységek színének leírásához a Munsell színskálát (Munsell, 1905) használtuk.



#### 4. A vizsgált szelvények bemutatása, vizsgálati eredmények

Korábban már említésre került, hogy a dolgozat öt különböző elhelyezkedésű lösz-paleotalaj szelvény vizsgálati eredményeinek bemutatását tűzte ki célul. Ebből az öt szelvényből három Magyarország területén található, konkrétan a Dunántúl délkeleti részén: Villánykövesd, Máza és Szálka települések közelében, míg kettő Horvátországban, Atyavár (Šarengrad) és Veresmart (Zmajevac) települések mellett található (1. ábra).



1. ábra – A vizsgált lösz-paleotalaj szelvények elhelyezkedése, a bemutatásuk sorrendjében sorszámozva (1. Villánykövesd, 2. Máza, 3. Szálka, 4. Atyavár/Šarengrad, 5. Veresmart/Zmajevac); a ddm az ELTE Geofizikai és Űrtudomány Tanszék projektje alapján 2001-2004 között kidolgozott „A Pannon-medence geodinamikájának atlasza: Eurokonform térképsorozat és magyarázó” térképsorozat része ([http://geophysics.elte.hu/atlas/geodin\\_atlas.htm](http://geophysics.elte.hu/atlas/geodin_atlas.htm))

A mázai szelvény a Mecsek északi lejtőin, a szálkai a Szekszárdi-dombságban található. A villánykövesdi a Villányi-hegység északi előterében helyezkedik el. A veresmarti (zmajevaci) szelvény a Baranya-háromszögben, az atyavári (šarengradi) szelvény a Fruska Gora hegység északnyugati lejtőin található. A szelvények elhelyezkedésének részletesebb adatai lentebb olvashatók.

##### 4.1. Villánykövesd, téglagyár szelvény

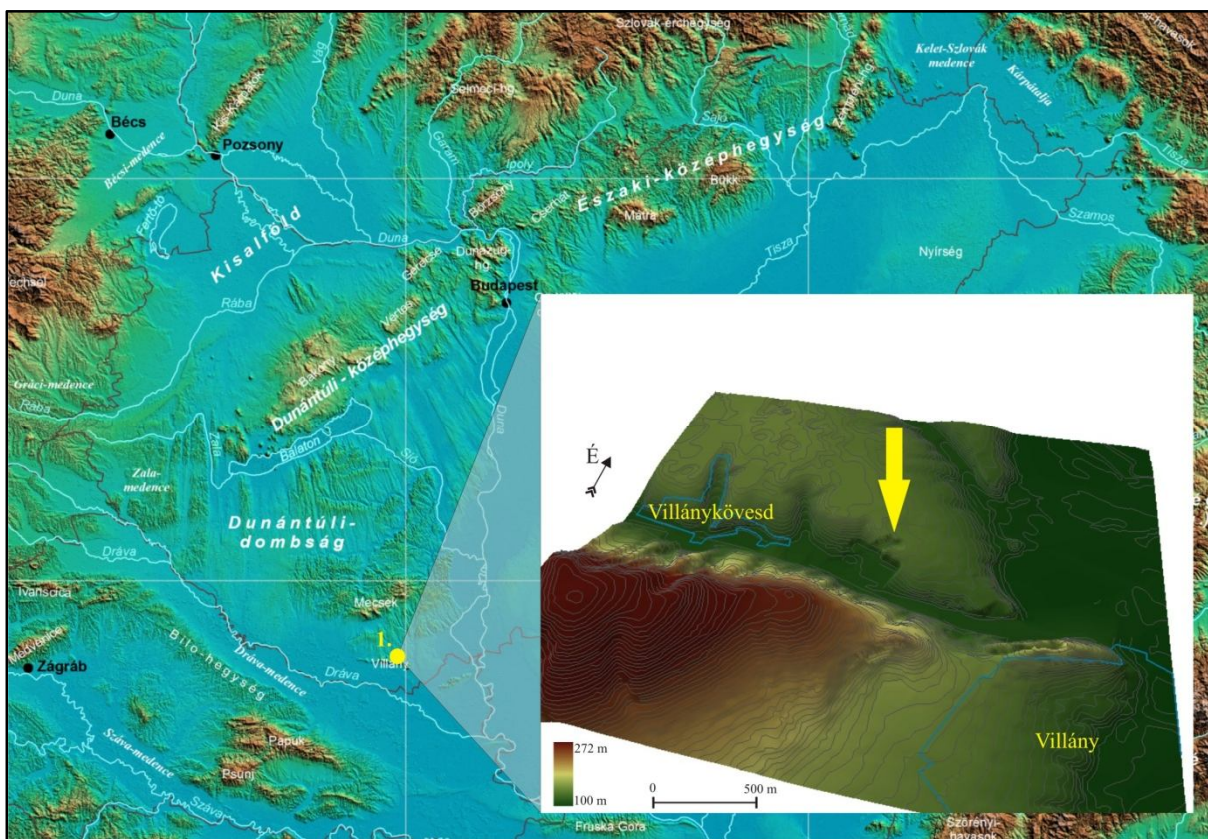
A villánykövesdi lösz-paleotalaj szelvény mintázása 2012-ben történt meg. A mintegy 8 méter magas szelvény mintaköze 12 centiméter volt, így 65 db mintát emeltünk ki a



szelvényből. Malakológiai vizsgálat, szervesanyag és karbonáttartalom meghatározás, szemcseösszetétel, MS és geokémiai vizsgálatok történtek a begyűjtött mintákból.

#### 4.1.1. A vizsgált szelvény elhelyezkedése

A vizsgált szelvény a Villány és Villánykövesd közt futó műút mellett elhelyezkedő, a mai napig – igen kis kapacitással – működő villánykövesdi téglagyár területén található, annak is a legfelső bányaudvarában (2. ábra). Maga a szelvényfal délnyugati kitétséggű, ahogyan maga a domboldal is, amelyben kialakították. A szelvény tetejének tengerszint feletti magassága 127 méter. A bányaudvarban fűfélék és gyomok, a domboldalon lombhullató, főként tölgyerdő található.



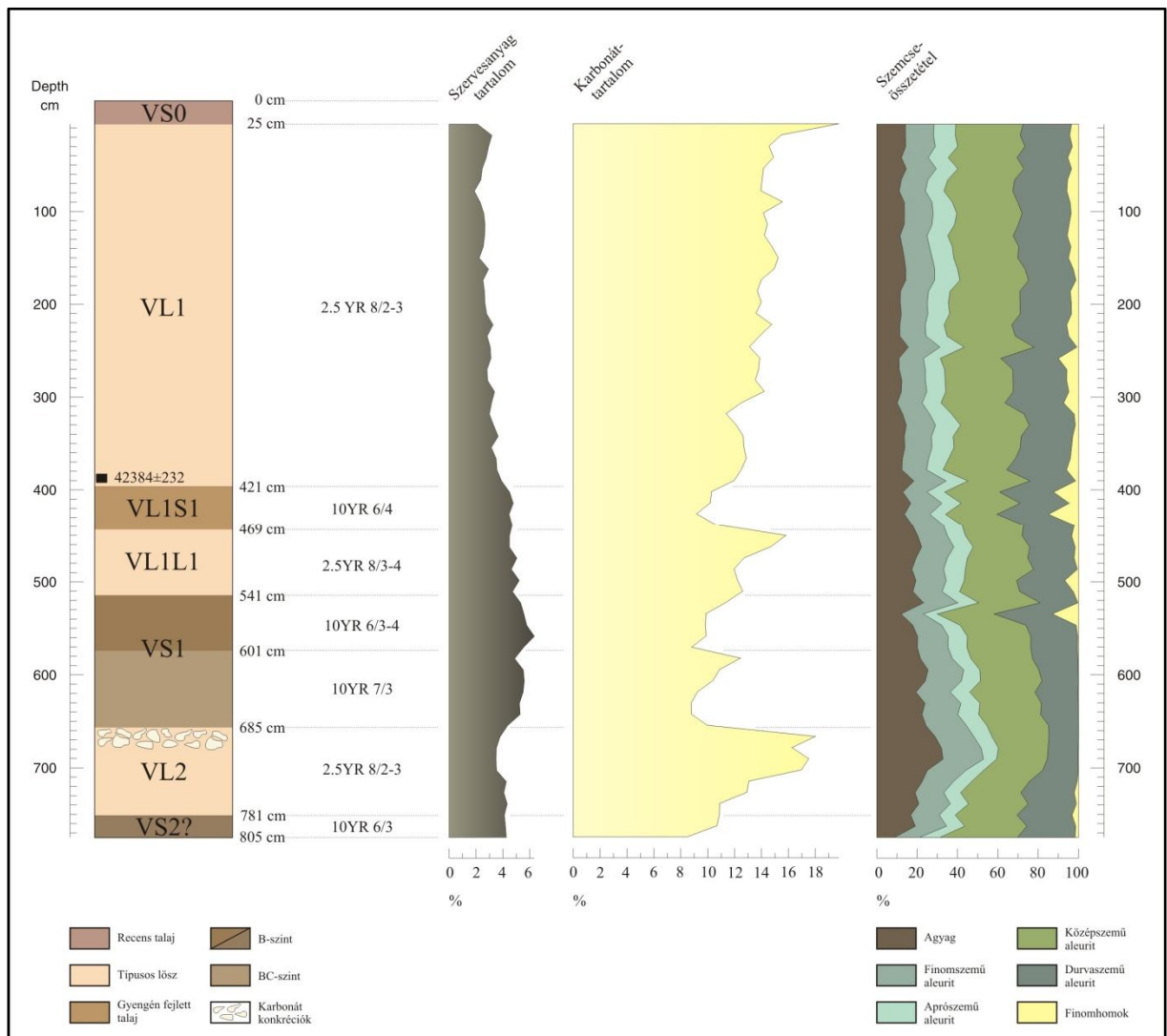
2. ábra – A villánykövesdi szelvény elhelyezkedése a Kárpát-medencében és a szűkebb környezetében (a szelvény helyét a sárga nyíl jelöli)

A szelvény megtisztítása nem volt nehéz feladat, köszönhetően a gépi kitermelés során kialakult közel függőleges falnak. A mintegy 805 cm magas szelvényfalat a bányaudvar falából, valamint kb. 1 méternyi alábontásból kaptuk.

#### 4.1.2. A szelvény litológiai leírása

A szelvény litológiai leírásához a kínai löszszelvényeken alkalmazott jelöléseket alkalmaztuk (Kukla, 1987; An et al., 1990; Ding et al., 2005; Gibbard & Cohen, 2008; Marković et al., 2008), kiegészítve a lelőhely „V” betűjével.

A 805 cm magasságú szelvény alsó 24 centiméterén egy feltáratlan paleotalaj szint található, szinte teljesen fossziliamentes. Jelölése VS2. A paleotalaj szint alját sajnos eszközök hiányában nem sikerült felderíteni. Felette, 781 és 685 cm között, egy világossárga, típusos, felső részében erősen konkréciós löszréteg található (VL2), mely – igaz alacsony számban – tartalmazott csigahéjakat. A löszréteg felett 685 és 541 cm között egy újabb, kifejlett paleotalaj komplexum húzódik, sporadikus csigahéjtartalommal (3. ábra). Jelölése VS1, a mágneses szuszceptibilitás értékei jól korrelálnak a kínai Jingbian szelvény S1 szintjével (Ding et al., 2005).



3. ábra – A villánykövesdi lösz-paleotalaj szelvény litológiai leírása, szervesanyag és karbonáttartalom, valamint szemcseösszetételi eredményei

A paleotalaj szintre 541 és 469 centiméter közt típusos löszréteg rakódott, viszonylag csekély vastagságban, kevés csigahéj tartalommal. Ez a réteg valószínű, hogy a szelvény felsőbb részén található VL1 löszköteg és a VS1 paleotalaj közti átmeneti genetikájú horizont, jelölése VL1L1. A löszréteg felett 469 és 421 centiméter között egy gyengén fejlett talajszint alakult ki, melyet a színe alapján a terepen igen nehéz volt elkülöníteni. Valószínű, hogy ez a

---

talajosodott szint szintén a VL1 és a VS1 rétegek közti átmenet, gyenge fejlettsége miatt jelölése VL1S1. Csigahéj tartalma szintén elenyésző.

Erre a gyengén fejlett talajosodott horizontra települ 421 és 25 cm közt a szelvény legnagyobb összefüggő löszkötege, egynemű, világossárga színű, jelentős számú csigahéj tartalommal jellemezhető, VL1 jelölésű. A szelvény tetején, mintegy 25 cm vastagságban recens talajszint húzódik (VS0).

#### *4.1.3. A szelvény üledéktani elemzéseinek eredményei*

##### Szevesanyag és karbonáttartalom

A VL1 löszkötegen a VS0 szinttől indulva a szervesanyag tartalom a recens talajszint alatti felhalmozódási horizont alacsony értéke után egy magasabb csúcs (~3%) következik, majd a 75 cm körüli ismételt visszaesés után folyamatos dúsulás jellemzi ezt a horizontot; a horizont alján mért szervesanyag értékek már 4% körül mozognak (3. ábra). A karbonáttartalom a szervesanyag tartalommal fordítottan arányos, VL1 szint elején kiugróan magas értékről (~21%) indul, ami a szelvényben mért legmagasabb érték. Ez a VS0 talaj karbonáttakkumulációs horizontja lehet. Lefelé haladva a karbonáttartalom csökkenő tendenciát mutat, néhol kisebb kiugrásokkal, egy helyen viszont jelentős csökkenéssel (320 cm környékén). Ez a hirtelen csökkenés a geokémiai értékekben is megjelenik (4. ábra). A karbonáttartalom a VL1 szint alján már csak 11% körüli.

A VL1S1 gyengén fejlett talajszint, mintegy 50 cm vastagságban a VL1 szint felett. A szervesanyag és a karbonáttartalom értékek a talajosodott horizontoknak megfelelően alakulnak, a szervesanyag szintje 5% körül stabilizálódik, míg a karbonáttartalom a réteg alsó részében 10% alá esik. Ezt a csökkenést ellensúlyozandó, a réteg legalján újból növekvő értékekkel vezeti be a következő szintet.

A következő szint a VL1L1, mely a gyengén fejlett VL1S1 és a fejlett VS1 talajszintek közt elhelyezkedő, mintegy 70 cm vastag löszréteg. A szervesanyag tartalma ennek a horizontnak konstans értéket mutat, a szervesanyag tartalom 5% körül mozog ebben a szintben, és a réteg alja felé kissé növekedő tendencia tapasztalható. A szervesanyag tartalom alapján, és összehasonlítva a VL1 szint szervesanyag értékeivel, a VL1L1 szint értékei nem kimondottan a tipikus löszre jellemző értékek, ebben a horizontban szervesanyag feldúsulás lehetett, melynek az eredete feltehetőleg a VL1S1 réteg. A karbonáttartalom ebben a szintben egy akkumulációs maximummal indul (~16%), ami a VL1S1 talajszintből kioldott karbonátból származhat. A réteg további szakaszában a VL1 szinthez hasonló értékek jellemzik a karbonáttartalmat.

---

A VS1 szint az első kifejtett paleotalaj réteg, amit két részre osztottunk a szelvény makroszkópos leírása során. A szint mintegy 145 cm vastagságú, a felső 60 cm a paleotalaj B-szintje, az alsó 85 cm pedig egy átmeneti horizont a B és a C szintek közt.

A B szintben a szervesanyag tartalom eléri a szelvényben mért legmagasabb (6,5%) értéket, majd a szint alján visszaesés tapasztalható. A karbonáttartalom a szintben csökkenő tendenciát mutat, majd a szint aljában erőteljesen lecsökken (8,5%). A BC szintben a szervesanyag tartalom kis visszaesés után 5,5-6% körüli értéken stagnál, majd a szint alján csökkenő tendenciába kezd. A karbonáttartalom a BC szint felső részén kisfokú akkumulációt mutat (12,5%), majd erőteljes csökkenésbe kezd a szint aljáig (8,5% körül).

A VL2 löszréteg a VS1 és a VS2 talajszintek közt helyezkedik el, mintegy 100 cm vastagságban. Szervesanyag tartalmát tekintve a szint felső részén kismértékű csökkenés (3-3,5%, majd 4% körüli stagnálás jellemzi. A karbonáttartalom jóval változatosabb, ugyanis a VL2 szint felső részén található a szelvény második legmagasabb karbonát akkumulációs horizontja, 18% körüli értékekkel. Ez egyértelműen a VS1 szint beoldódott karbonátjának akkumulációs horizontja (Ding et al., 2001). A réteg alsó részeiben a karbonáttartalom egészen 10% körüli értékig csökken.

A VS2 szintnek csak a legfelső részét sikerült megmintázni, de mind a szervesanyag és a karbonáttartalom változásai alapján egy talajosodott horizontról van szó.

### Szemcseösszetétel

A VL1 szint szemcseösszetételi eredményei viszonylag magas (10-15%) agyagtartalommal (<3,9  $\mu\text{m}$ ) jellemezhetők, ami arra utal, hogy a szelvény anyaga mállottabb (3. ábra). Az agyagtartalom mellett a finomhomok (63-125  $\mu\text{m}$ ) frakció aránya is jelentősnek mondható, ami akár nagyobb szélsébséget is feltételezhet a leülepedés során (Pye, 1995). Emellett a hagyományos lösz frakciók, a középszemű (16-32  $\mu\text{m}$ ) és a durva (32-63,5  $\mu\text{m}$ ) közetliszt dominálnak ebben a szintben (Smalley & O'Hara-Dhand, 2012). A szintben két helyen fordul elő kiugró agyagtartalom, ami a finom frakciók anyagának növekedésével is jár.

A szemcseösszetétel a VL1S1 szintben viszonylag ingadozó. Az agyagtartalom közelít a 20%-hoz, de ezzel párhuzamosan, ahol az agyagszint alacsonyabb, a finomhomok aránya is 10-15% között ingadozik. Ez esetleg a porakkumuláció során megnövekedett szélsébséget feltételez (Pye, 1995).

A VL1L1 réteg szemcseösszetételében történt legfontosabb változások az agyagtartalom további növekedése (~20%), és ennek rovására a finomhomok tartalom csökkenése. Alapvetően továbbra is a tipikus lösz szemcseösszetételi tulajdonságaival rendelkezik (Smalley & O'Hara-Dhand, 2012).



---

A szemcseösszetétel alapján az agyagtartalom a VS1 szintben fokozatosan növekvő tendenciát mutat, egy helyet kivéve, a B-szintben kisfokú csökkenés tapasztalható a finom frakcióban, viszont ebben a horizontban a finomhomok frakció aránya mintegy 10-13%-ra ugrott, ami a porakkumuláció során történő erőteljesebb szélmozgásra utalhat (Pye, 1995).

A VL2 réteg szemcseösszetételben érdekes változások figyelhetők meg, ugyanis a szelvény agyagtartalma ebben a szintben éri el a maximum értékeket (30%), a finom frakció aránya 60% körüli. Ez egyértelműen egy igen mállott horizontot jelöl, ami a szervesanyag tartalom növekedésével állhat kapcsolatban. A finomhomok frakció ebből a szintből szinte teljesen hiányzik.

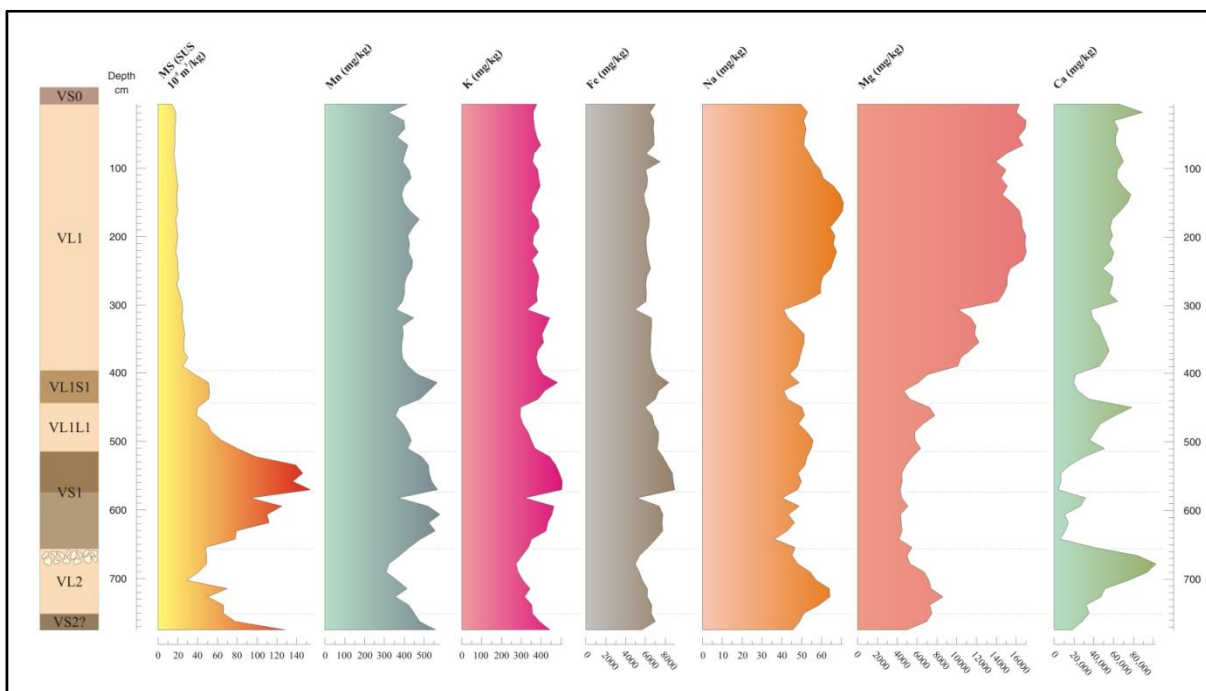
#### Mágneses szuszceptibilitás és geokémiai főelem vizsgálat

A VL1 szint MS és geokémiai eredményeiben (4. ábra) több párhuzam is megfigyelhető. Az MS értékek lefelé haladva kismértékű, de folyamatosan növekvő tendenciát mutatnak, ami párhuzamba állítható a szervesanyag tartalom hasonló mértékű növekedésével ugyanebben a szintben (3. ábra). A geokémiai főelem tartalom alapján a *mállást kísérő elemek* (Mn, K és Fe) görbéi hasonló lefutású, szinte konstans értékeket mutatnak a szelvény e szakaszán (Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2001). A nátrium, valamint a *mállásérzékeny*, löszökben legmagasabb értékekkel jellemezhető Mg és Ca értékek itt is megjelennek (Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2001). A nátriumtartalom csúcspontja 120 és 260 cm között tapasztalható, a horizont felső és alsó részében egyaránt csökkent értékek tapasztalhatók. A magnézium értékek csúcspontja a VS0 és a VL1 rétegek határfelületén, valamint 160 és 240 cm közt található. A szint alján jelentős visszaesés tapasztalható, ahogyan a nátrium esetében is. A kalcium értékek a karbonáttartalommal jól korrelálhatók (3. ábra), kiemelkedő értékekkel indulnak, de a szint alján már csak alacsony értékkel bírnak. Egyöntetű visszaesés tapasztalható 320 cm körül, ami a karbonáttartalomban is megmutatkozik, ami egy kilúgozott szintre utalhat az VL1 szintben.

A VL1S1 szint MS értékei a gyengén fejlett talajok értékeit mutatják, 40-50-es értékek figyelhetők meg ebben a rétegben. A főelemek értékei is talajosodott horizontra engednek következtetni, a paleotalajokban jellemzően nagy koncentrációval jelentkező elemek (Mn, K, Fe) (Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2001) csúcspontjaikat 420 cm környékén érik el. Ellenben a paleotalajokban kevesebb (Na), illetve alacsony koncentrációval bíró elemek (Mg, Ca) értékeiben jelentős visszaesés tapasztalható (Fig. 4).

Az MS értékeken is látszik, hogy a VL1L1 réteg esetén nem tipikus löszrétegről van szó, de a legvalószínűbb oka az MS értékek növekedésének a szervesanyag tartalom növekedése. Az MS értékek folyamatosan növekedve a szint alján elérik a 80-as értéket. A főelem tartalomban

a mállást kísérő elemek (Mn, K és Fe) (Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2001) egy viszonylag alacsony értékről indulva a réteg aljára érve a VL1 szinthez hasonló értékeket vesz fel, a köztes állapotú Na magasabb értékekkel jelentkezik, míg a mállásra érzékeny ásványokból származó elemek (Mg és Ca) esetén észlelhetők változások. A Mg közel sem mutat olyan magas értékeket, mint a VL1 rétegben, talán a réteg megnövekedett szervesanyag tartalma miatt. A Ca – ahogyan a karbonáttartalom is – egy igen magas értékkel indul a réteg felső részéről (talajréteg alatti karbonát akkumulációs horizont). Lefelé haladva csökkenés tapasztalható, majd a réteg alján egy újabb Ca-gazdag horizont figyelhető meg.



4. ábra – Villánykövesd, téglagyár szelvény MS és geokémiai főelem vizsgálatának eredményei

Ebben a Ca-gazdag horizontban a többi elem értéke is magas, ami azt feltételezi, hogy a VL1L1 szint alatt következő VS1 szint határán az elemek lefelé vándorlása lelassulhatott, így bizonyos mértékű feldúsulások keletkeztek.

Az MS és a geokémiai vizsgálat is érdekes párhuzamokat mutat a VS1 szintben a szervesanyag tartalom változásával (3. ábra). A mállást kísérő elemek (Mn, K, Fe), a Na és az MS értékek is jelentős visszaesést mutatnak a B és a BC szint határán, ami talán a karbonát- és ezzel együtt a Ca-tartalom növekedésével párhuzamosítható. Viszont a kalcium igen alacsony értéke a szint többi részében egyértelműen a pedogenezis során történő karbonát visszaoldódás (dekarbonizáció) eredménye (Dokuchaev, 1879; Ding, et al., 2001).

Az MS és a geokémiai vizsgálat eredményei a VL2 szintben tipikus löszre utalnak (Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2001), a mállást kísérő elemek (Mn, K, Fe) csökkenő, majd kissé emelkedő koncentrációt mutatnak a horizontban. A Na-tartalom folyamatos növekedést mutat, 720 és 730 cm közt éri el a maximum értékeket (ebben a horizontban az MS, a Mn és a K

---

értékek is növekedést mutatnak), majd újbóli csökkenés következik. Ez a maximum lehet egy kisebb pedogenetikus horizont, ami talán a VS2 szinthez köthető, ugyanis a szervesanyag tartalom is magasabb értékeket mutat ebben a horizontban.

A mállásérzékeny elemek, a Mg és a Ca, itt is jelentős koncentrációval jelentkeznek. A talajszintekben kioldódott karbonát kiválások formájában a talajszintek alatt akkumulálódik (Ding, et al., 2001), így adva a szelvényben mért legnagyobb karbonát koncentrációt. A magnézium koncentrációja e jelentős karbonáttartalom ellenére is alárendelt, ami azt engedi feltételezni, hogy a magnézium az alsó 3 karbonátakkumulációs szintben nem vett részt oly jelentős mértékben a karbonátok képzésében, mint a VS0 alatti karbonátfelhalmozódási zónában.

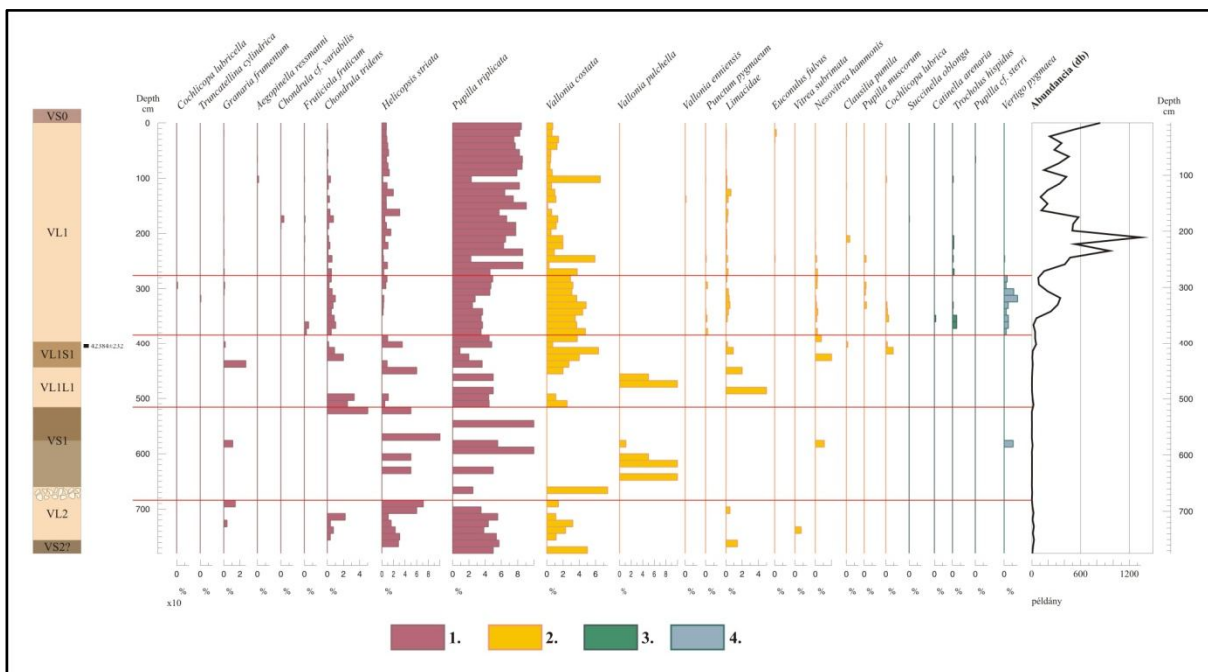
A VS2 szint egy talajosodott horizont, erre engednek következtetni a megnövekedett MS, a mangán és a kálium értékek, és a csökkenő nátrium, magnézium, kalcium és vas értékek. Ezen adatok alapján a VS2 talajréteg hosszú időn át lehetett a felszínen, és az ez alatt bekövetkező jelentős csapadékbevétel, és talán az egykor savasabb pH értékek miatt a fosszilis talajréteg abszolút és relatív elemtartalma lecsökkent (Oros et al., 2002).

#### 4.1.4. A szelvény malakológiai vizsgálatának eredményei

A Villánykövesd melletti lösz-paleotalaj szelvény 65 mintájából 11.657 db, 26 fajhoz tartozó, határozásra alkalmas csigahéj került elő. Az átlagos mintánkénti egyedszám 179 darab, de az eloszlás korántsem volt egyenletes. Az egyedszámot (abundancia) és a fajok mintánkénti dominancia változásait az 5. ábra mutatja be. A dominanciákat figyelembe véve könnyedén észrevehető, hogy a szelvény malakofaunáját két csigafaj, a melegkedvelő, xerofil *Pupilla triplicata* és a tágtűrésű *Vallonia costata* dominanciája jellemzi (5. és 6. ábra). Hasonló dominanciaviszonyok találhatók a vajdasági Petrovaradin löszszelvényében is (Marković et al., 2005). A villánykövesdi szelvényben 5 malakológiai horizontot lehetett elkülöníteni (5. és 6. ábra). A malakológiai vizsgálathoz az emberi hatásra erősen keveredett recens talajt nem mintáztuk meg, így a horizontok kijelölésének a kezdőpontja a VS0 és a VL1 szint határa, azaz 25 cm.

Az első malakológiai horizont 780 és 680 centiméter közt figyelhető meg. Ebben a szintben egyértelműen a melegkedvelő, nyílt vegetációt kedvelő fajok domináltak (*Pupilla triplicata*, *Helicopsis striata*, *Chondrula tridens*, *Granaria frumentum*), emellett jelentősebb dominanciával megjelent a tágtűrésű *Vallonia costata* is. A horizont egyértelműen felmelegedést és sztyepp-erdőssztyepp vegetációt jelöl. Ez utóbbit bizonyítja, hogy néhány mintában az erdőlakó *Vitrea subrimata* és *Limax* példányok is megjelentek, így az alapvetően nyílt vegetáció erdőfoltokkal tarkított lehetett. Érdekesség, hogy az erdőlakó fajokat

tartalmazó mintákból a ténylegesen melegkedvelő, de környezeti változásokra, többek közt a zárt vegetációra érzékeny *G. frumentum* példányai hiányoznak. A *V. subriamata* faj jelenlétéből arra lehet következtetni, hogy a malakológiai horizont a felső-pleisztocén elején képződött (Krolopp, 1973, 1983).



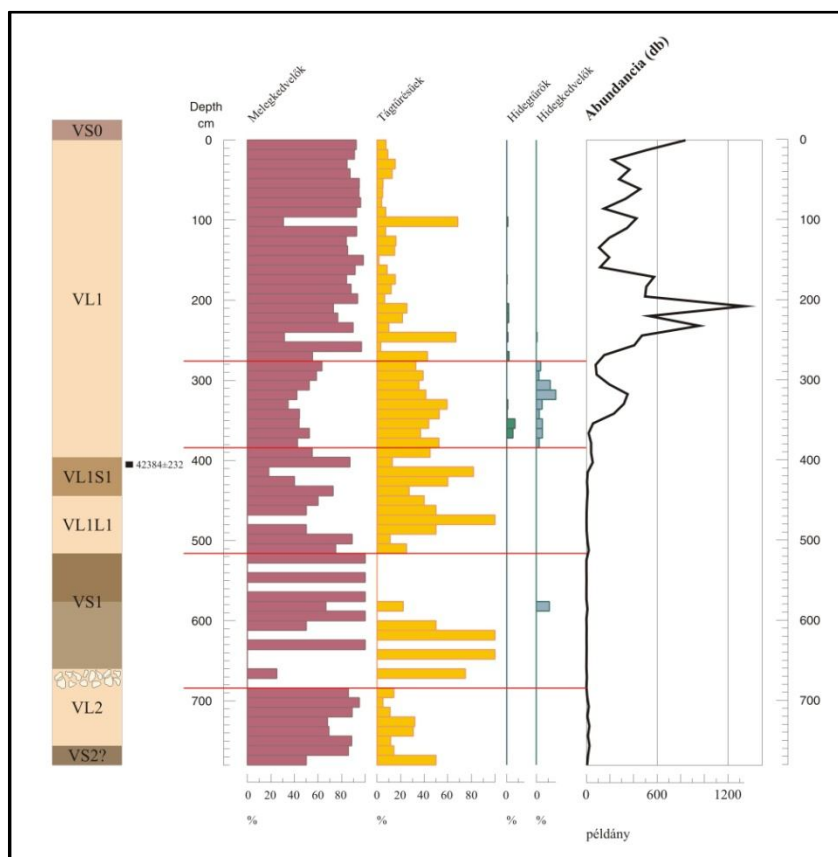
5. ábra – A villánykővesdi lösz-paleotalaj szelvény fajsztű malakológiai vizsgálatának eredményei: dominancia és abundancia viszonyok, malakológiai horizontok abszolút koradattal (a fajok ökológiai csoportjai: 1. melegkedvelő fajok, 2. mezofil fajok, 3. hidegtűrő fajok, 4. hidegkedvelő fajok)

A második kvartermalakológiai horizont 680 és 515 centiméter között húzódik, az LS1 szintet lefedve, tehát egy egykori talajhorizont faunájáról van szó. Ebben a szintben a fő domináló elem továbbra is a *P. triplicata* és a *H. striata*, viszont a *V. costata* ebből a horizontból teljesen hiányzik. Cserébe viszont a tágtűrűsű, de nagyobb páratartalmat kedvelő fajok jelennek meg nagy dominanciával (*Vallonia pulchella*, *Nesovitrea hammonis*). Ezen fajok arányának emelkedése az egykori erdőfoltok növekedésével vagy más, relatív páratartalom növekedéssel magyarázható (például a rövid fűvű vegetáció kicserélődése hosszú fűvű vegetációra).

A harmadik horizont 515 és 385 cm között magában foglalja a VL1S1 és a VL1L2 szinteket, de ezen belül három részre osztható a *V. costata* és a *V. pulchella* dominanciaváltozásai miatt. Ugyanis a horizont alsó és felső harmadában a megszokott *P. triplicata*, *V. costata*, *H. striata*, *C. tridens* dominanciát lehet felfedezni, míg a horizont középső harmadában (ami a VL1L2 szint felső része) a melegkedvelők nagy része eltűnik, és megjelenik egy *P. triplicata*, *V. pulchella*, *Limax* fajokból álló faunaegyüttes (paleoasszociáció). Ez utóbbi két faj jelenléte megnövekedett páratartalmat, és esetlegesen az erdőfoltok kiterjedését jelölheti. Ez a lokális malakológiai hatás, és az ezt kiváltó éghajlati hatás globálisan talán a GS 13 stadiális szinttel



(Björck et al., 1998) szinkronizálható. A horizont felső részén, a VL1S1 szint felett található a szelvényünk radiokarbon (AMS) kora, mely  $42.384 \pm 232$  cal BP évnek adódott, azaz a VL1S1 talajszint kora valószínű, az MIS 3 időszakhoz tartozó GI 12 interstadiálisra tehető (Björck et al., 1998; Lisieczi & Raymo, 2005; Tzedakis et al., 2006). Továbbhaladva ezen a vonalon a VS1 szint kora – összevetve a kínai löszkutatói eredményekkel (Ding et al., 2005) – az MIS 3 interstadiálisra, azaz 47 és 52 ezer év közé (Björck et al., 1998; Gibbard & Cohen, 2008) tehető.



6. ábra – A villánykövesdi lösz-paleotalaj szelvény csigafaunájának hőmérsékleti igény szerinti csoportosítása; dominancia és abundancia viszonyok, abszolút koradat és malakológiai horizontok

A negyedik malakológiai horizont 385 és 275 cm között található. A dominanciaviszonyok alakulása alapján a horizont egy gyengébb lehűlést jelöl. A melegkedvelők dominanciája visszaesett 40-50% körüli, ezzel párhuzamosan megjelent több hidegtűrő és hidegkedvelő csigafaj is (*Trochulus hispidus*, *Vertigo pygmaea*). A melegkedvelők közül a *P. triplicata* jelentős, a *C. tridens* és a *H. striata* alárendeltebb arányban jelentkezett a horizontban, ugyanakkor új melegkedvelő elemek is megjelennek, mint pl. a száraz erdőket kedvelő *Truncatellina cylindrica* és a száraz, déli kitettségű területeket kedvelő *Cochlicopa lubricella*. A hőmérsékletre kevésbé érzékeny fajok közt a *V. costata* dominál, mellette olyan erdőlakó, illetve átmeneti elemek is megjelennek, mint a *Cochlicopa lubrica*, *Nesovitrea hammonis*, *Punctum pygmaeum* és a *Limax* fajok. A hidegkedvelő és hidegtűrő fajok közül a nedves,

---

árnyékos-félárnyékos helyeket kedvelő *Trocholus hispidus* és a kimondottan nyílt vegetációt kedvelő *Vertigo pygmaea* jelenik meg ebben a horizontban. Látható, hogy a magasabb páratartalmat és árnyékot-félárnyékot kedvelő fajok száma megnövekedett, viszont az együttes dominanciájuk így is alárendelt maradt a nyílt területet kedvelő fajokkal szemben. Így elmondható, hogy ebben a gyenge lehűlési időszakban is a nyílt vegetáció volt túlsúlyban, ettől függetlenül az erdőfoltok kiterjedése megnövekedhetett, és ezzel párhuzamosan az erdő/sztyepp közti átmeneti (ecoton) zóna kiterjedése is jelentősebbé vált.

Az ötödik szint 275 centimétértől a recens talajig tartó homogén löszköteg erőteljes melegkedvelő dominanciával (*P. triplicata*, *H. striata*, *C. tridens*); a *P. triplicata* dominanciája kimagasló. A jelentősebb tűrőképességgel jellemezhető, ún. mezofil fajok közül egyértelműen a *V. costata* dominanciája emelkedett meg, különösképp 250 és 100 cm körül, ahol 60-65%-os dominanciával jelentkezik. A *V. costata* mellett további, inkább nedvesebb környezetet kedvelő, erdei és ecoton faj (*Clausilia pumila*, *Vallonia enniensis*, *Nesovitrea hammonis*) is feltűnik a szelvényben, bizonyítva, hogy a 4. malakológiai horizontban kialakult mozaikos erdőssztyepp vegetáció ebben a fázisban is fennmaradhatott. A hidegkedvelők ebből a horizontból hiányoznak, a hidegtűrők közül is csak a *T. hispidus* található meg említésre méltó dominanciával.

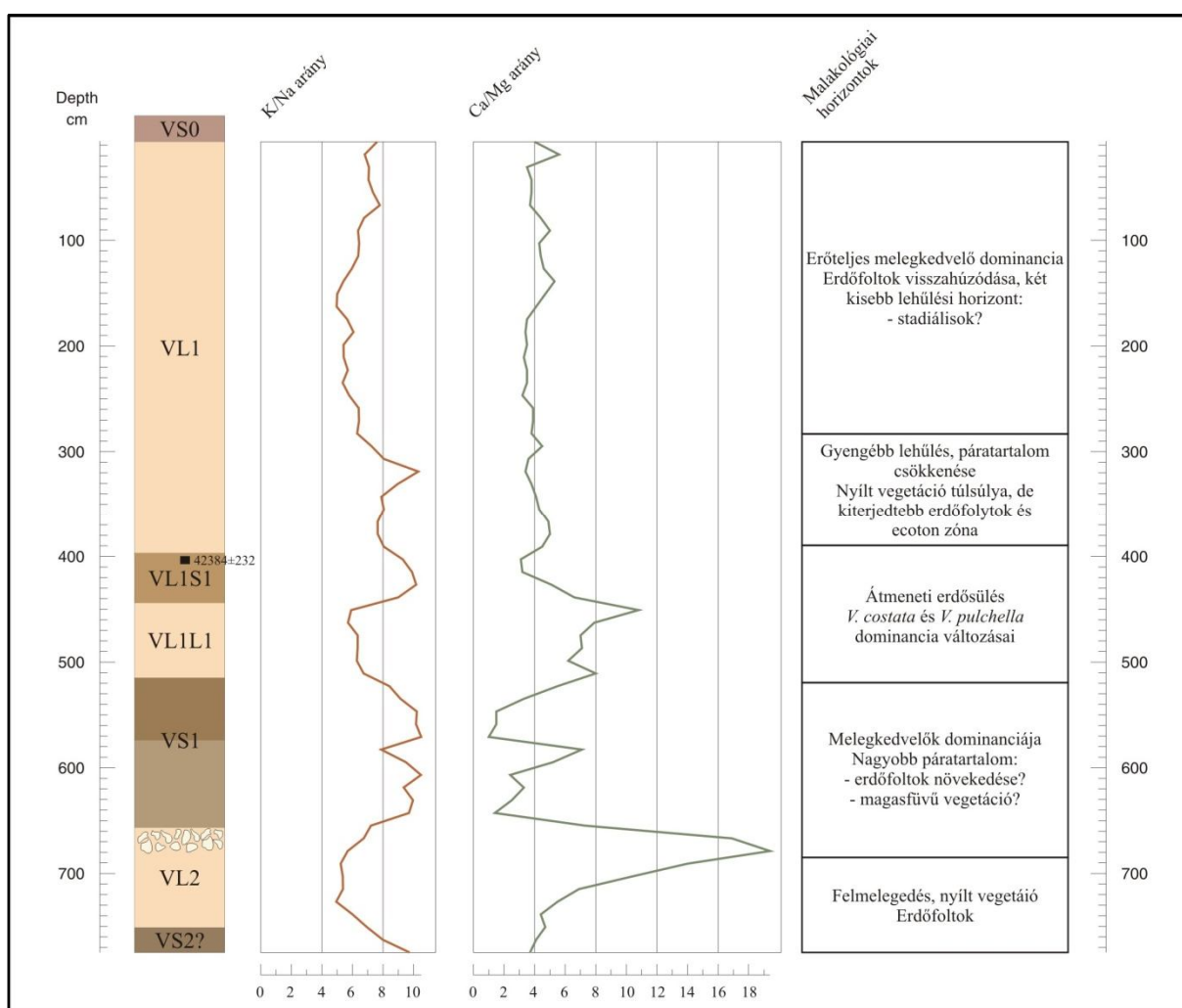
Két érdekes dominanciaváltozás fedezhető fel ebben a horizontban. Ha az ülepedési rátát állandónak tekintjük, akkor a radiokarbon korból kiindulva ezek a változások kb. 30.000 és 20.000 évvel ezelőtt történtek. Mindkét esetben a *P. triplicata* dominanciájának drasztikus csökkenéséről beszélhetünk (a szintben átlagos 70-80%-ról 20%-ra esett vissza), miközben a *V. costata* dominanciája az átlag 15-20%-os értékről 60-65%-ra növekedett. Ebben a két szintben a *V. costata* megnövekedett dominanciája mellett a *T. hispidus*, és a felső szintben az *Aegopinella reissmanni* megjelenése valószínűsíti, hogy kiterjedtebb erdőfoltokról beszélhetünk ezekben a szintekben. A felső szint talán az MIS2, azaz az utolsó nagy eljegesedés idejére tehető (Lisieczki & Raymo, 2005; Tzedakis et al., 2006).

#### 4.1.5. A vizsgálati eredmények összegzése

A villánykövesdi téglagyár területén található lösz-paleotalaj szelvény vizsgálati összegzését célszerű két részre bontani: malakológiai és üledéktani részre. A malakológiai eredmények alapján elmondható, hogy a szelvény két faj, a *P. triplicata* és a *V. costata* dominanciájának változásait mutatja be. Mindkét faj, de különösen a *P. triplicata*, szinte az összes mintából – többek közt a jelentős lehűléssel párhuzamosítható LGM szintekből is (Lisieczki & Raymo, 2005; Tzedakis et al., 2006) – előkerült. A kvartermalakológiai adatok alapján elmondható, hogy a többi faj megjelenése vagy eltűnése, azaz az egykori klímaváltozások erre a két fajra

nem hatottak. És mivel ezek a tulajdonságok alapvetően azokra a Mollusca fajokra jellemzők, amelyeknek refúgium területe egy adott szelvény környezete (Sümegei, 2001), ezért mindkét fajnak, de különösen a *P. triplicata*-nak a refúgium területe lehetett a villánykövesdi szelvény közvetlen környezete (Molnár et al., 2014).

Emellett a többi faj dominancia változásai alapján a szelvényben öt különféle környezeti állapotot lehetett rekonstruálni (7. ábra). Alapvetően elmondható, hogy a szelvényben található fajok végig nyílt vegetációt jeleznek, mely a különböző időhorizontokban kisebb-nagyobb erdőfoltokkal volt tarkítva. Végig jellemző a melegkedvelők dominanciája (6. ábra), mely a szelvény földrajzi fekvésével is magyarázható. Maga a DNy-i tájolás, és a tény, hogy északról és délről topográfiailag védett a terület, egy igen sajátos mikroklímát alakíthatott ki, amely lokális menedékkül szolgálhatott a termofil fajoknak a hidegebb időszakok folyamán.



7. ábra – A Villánykövesd, téglagyári szelvény geokémiai és malakológiai eredményei

Az üledéktani vizsgálatok eredményei főként a malakofaunát tartalmazó löszös üledék állapotáról szolgálnak információval. A szervesanyag és karbonáttartalom, a magasabb agyagtartalom, a szemcseösszetétel, az MS és a geokémiai vizsgálat eredményei alapján a szelvény alsó része, 300 centimétertől lefelé mállottabbnak mondható, mint a tipikus löszök

---

(Sümegei et al., 2014). A szervesanyag tartalom, az MS és a K/Na arány is onnantól mutat magasabb értékeket. A VL1L1 és a VL2 löszrétegek is nagyobb mállottsági fokkal bírnak, mint a VL1 réteg felső harmada. A normálisnál magasabb mállottság a rekonstruált lokális melegebb éghajlat miatt is kialakulhatott (Cresser et al., 1993; Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2000; Kabata-Pendias, 2001). A másik dolog a karbonátok elemösszetétele. A Ca/Mg arány mellett, hogy szintén a mállottságot jelöli – a mobilisebb kalcium könnyebben kioldódik a mállott horizontokból (Bohn et al., 1985; Ding et al., 2001) – a karbonátok kalcit/dolomit arányára is utalhat (Hum, 1998; Jeong et al., 2011; Wimpenny et al., 2014). Ebben az esetben az alacsony Ca/Mg arány valóban az erősen mállott horizontokban, a VL1S1, a VS1 és a VS2 paleotalaj rétegekben jelentkezik, ami a dekarbonizációra utal (Dokuchaev, 1879; Ding et al., 2001). De az is látható, hogy a kalcium tartalom még a legrosszabb esetben is meghaladja a magnézium tartalom szintjét (a maximum 19-szeres kalcium többlet), ami arra utal, hogy a karbonátok döntő többsége kalcit/aragonit volt.

#### ***4.2. Máza, téglagyár szelvény***

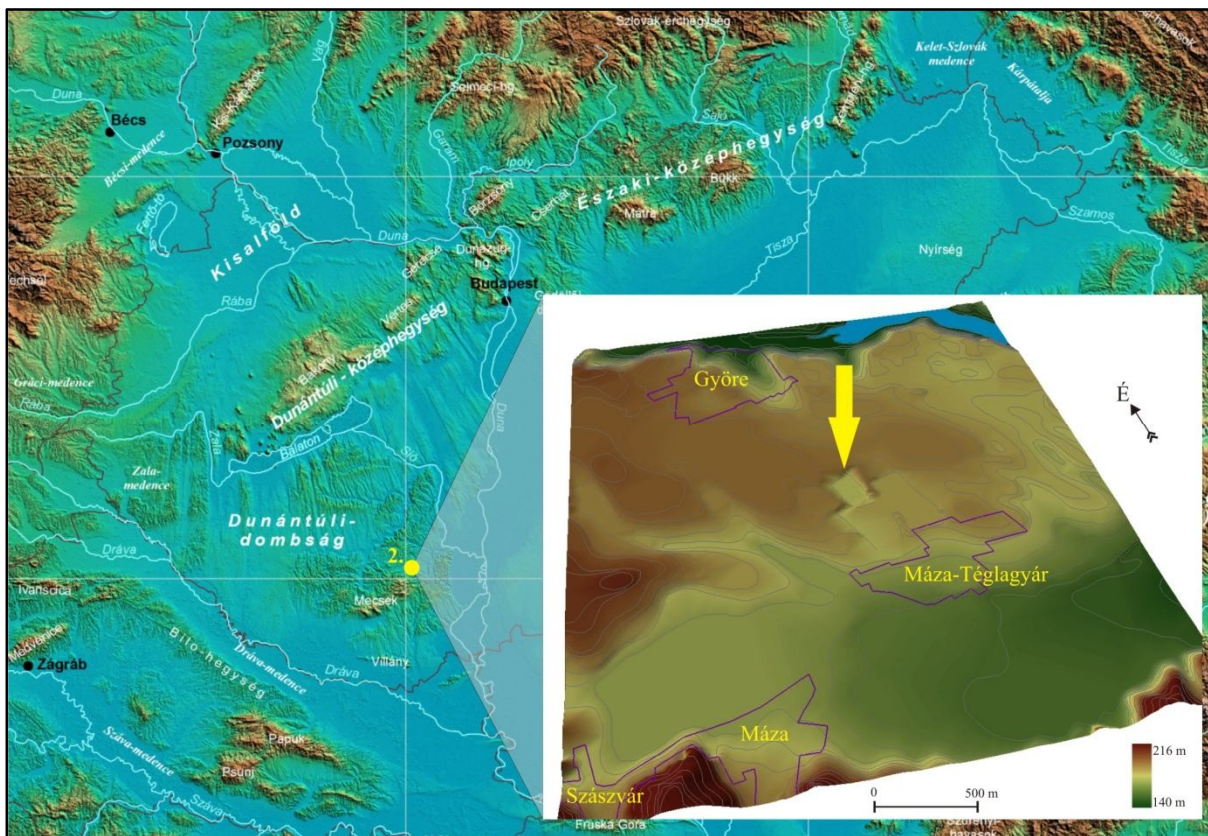
A Máza melletti lösz-paleotalaj sorozatot tartalmazó földtani szelvény mintázására 2011-ben került sor. A mintegy 8,7 méter magas szelvényt 12 centiméteres mintaközzel dolgoztuk fel, így 72 db minta kiemelése történt meg. Malakológiai vizsgálat, szervesanyag és karbonáttartalom meghatározás, szemcseösszetétel, MS és geokémiai vizsgálatok történtek a begyűjtött mintákból.

##### *4.2.1. A vizsgált szelvény elhelyezkedése*

A szelvény a Máza községet Nagymányokkal összekötő műút mellett kialakult téglagyári telep területén található, Tolna és Baranya megye határán (8. ábra). A terület a Keleti-Mecsektől északra található sík tereplépcső, mely dél felé fokozatosan emelkedő tendenciát mutat. A téglagyár a mai napig működik, a bányaudvar folyamatosan bővül.

A szelvény kialakítása a legészakibb, ideiglenesen felhagyott bányaudvar délre néző falán történt. A szelvény nullpontjának tengerszint feletti magassága 164 méter. A bányaudvarban fűfélék, gyomok, a szelvény tetején szántóföldek találhatók. A szelvény megtisztítása – köszönhetően a gépi kitermelésnek – itt sem volt nehéz feladat.





8. ábra – A Máza, téglagyári szelvény elhelyezkedése a Kárpát-medencében és a szűkebb környezetében (a szelvény helyét a sárga nyíl jelöli)

#### 4.2.2. A szelvény litológiai leírása

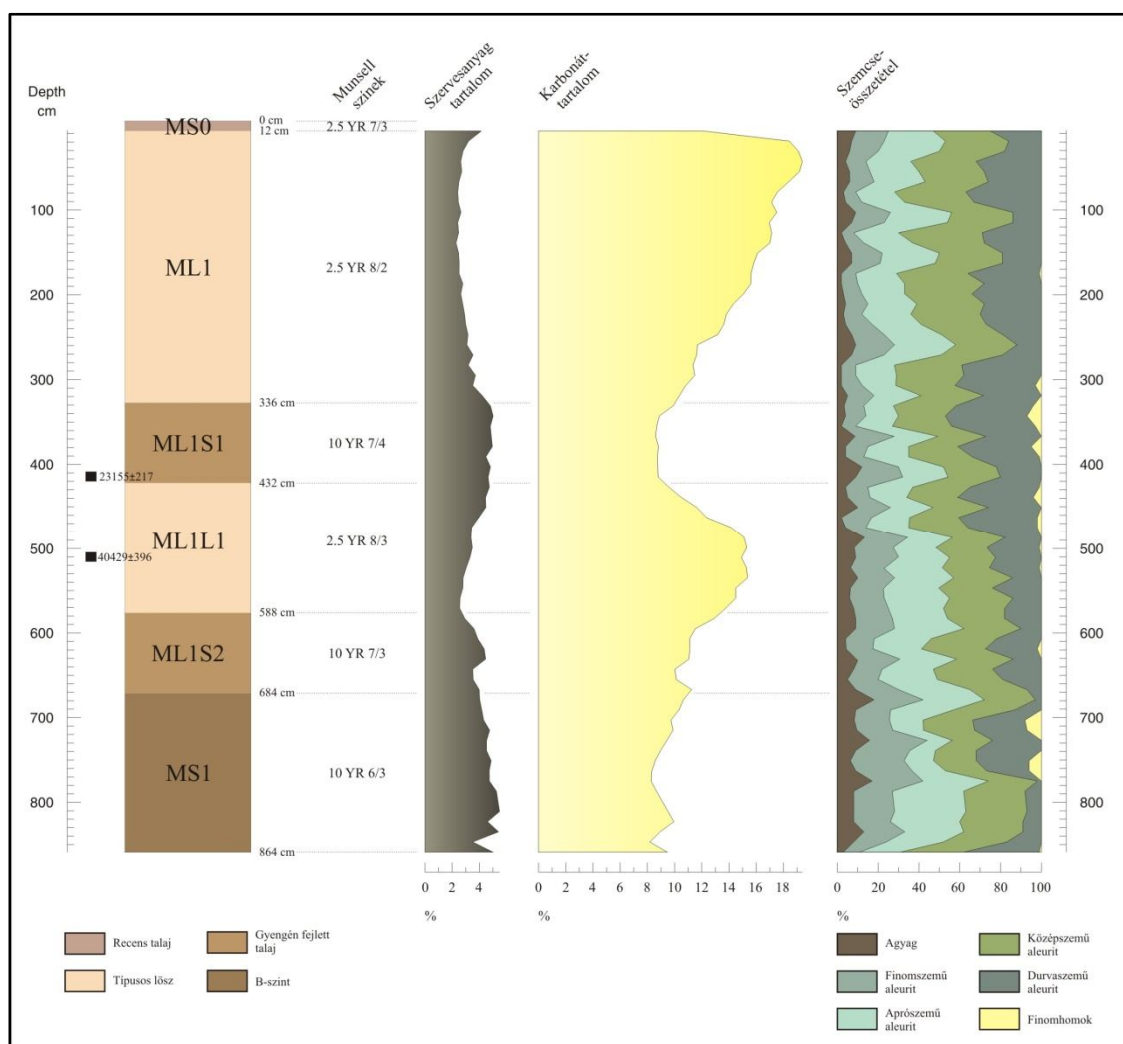
A Máza, téglagyár területén található megmintázott lösz-paleotalaj szelvény 864 cm magas, benne 6 litológiai horizontot lehetett elkülöníteni. A litológiai horizontok leírásához a kínai löszszelvényeken alkalmazott jelöléseket alkalmaztuk (Kukla, 1987; An et al., 1990; Ding et al., 2005; Gibbard & Cohen, 2008; Marković et al., 2008), kiegészítve a lelőhely „M” betűjével (9. ábra).

Alulról felfelé haladva 864 cm és 684 cm között egy jól fejlett, világosbarna színű paleotalaj réteg húzódik (10YR 6/3). Homogén, igen alacsony fosszília tartalmú, jelölése a fenti terminológia alapján MS1. A paleotalaj szint felett egy halványbarna (10YR 7/3), gyengén fejlett talajszint húzódik, 684 cm és 588 cm között, mintegy 1 méter vastagságban. Valószínű, hogy a képződése az MS1 paleotalaj rétegtől elkülönül, és inkább a fenti ML1 és a lenti paleotalaj közti átmeneti felmelegedések eredménye lehet. Jelölése ML1S2, fosszília tartalma nem jelentős.

A gyengén fejlett paleotalaj szintre egy világossárga (2,5YR 8/3) színű, homogén löszréteg rakódott, mintegy 1,5 méter vastagságban, 588 cm és 432 cm között. Jelölése ML1L1, szintén a fő lösz-, illetve paleotalaj képződési időszakok közti átmeneti réteg. A színe halványsárga (2,5YR 8/3), csigahéj tartalma furcsamód elenyésző. Emellett ebből a rétegből, 504-516 centiméterről származik a szelvény első radiokarbon koradata, amely  $40.429 \pm 396$  cal BP

évnek adódott. E löszrétegen alakult ki a mintegy 1 méter vastagságú (432 cm és 336 cm között), gyengén fejlett paleotalaj réteg, mely az ML1S1 elnevezést kapta, a fentebb már taglalt okok miatt. A színe halványbarna (10YR 7/4). A paleotalaj rétegből, főképp annak felső részéből, jelentős mennyiségű csigahéj került elő. E réteg alsó részéből, 408-420 centiméterről származik a szelvény második radiokarbon koradata, amely  $23.155 \pm 217$  cal BP évnek adódott.

Erre a paleotalaj rétegre települt a szelvény legvastagabb, homogén, löszös összlete, mintegy 3 méter vastagságban, 336 cm és 12 cm között. Ez a réteg – tekintélyes vastagsága, és kimagasló csigahéj tartalma miatt – egyértelműen a pleisztocén végéhez köthető. Ez lehetett a fő löszképződési időszak a területen, ezért elnevezése ML1 lett. A löszréteg, az ML1L1-hez hasonlóan világossárga színű (2,5YR 8/2). A szelvényt a recens talajszint zárja le, jelölése MS0. A mintagyűjtés során az MS0 és az ML1 réteg határfelületét is sikerült begyűjteni, amit a különféle elemzések eredményei is bizonyítanak. Az MS0 talajszint mintegy 20 cm vastagságban fedí az ML1 löszréteget.



9. ábra – Máza, téglagyár lösz-paleotalaj szelvény litológiai leírása, szervesanyag és karbonáttartalom, valamint szemcseösszetételi eredményei

---

#### 4.2.3. A szelvény üledéktani elemzéseinek eredményei

A mázai téglagyár lösz-paleotalaj szelvény 72 mintáján elvégzett üledéktani vizsgálatok eredményét három fő részre oszthatjuk az alkalmazott vizsgálatok függvényében. Az elemzés a fentebb bemutatott sztratigráfiai egységek szerint halad.

##### Szervesanyag és karbonáttartalom

A mázai szelvény ML1 szintjében a szervesanyag és a karbonáttartalom értékek az első mintában még az MS0 recens talaj értékeit mutatják (4,25% illetve 12%), majd fokozatosan a tipikus löszökre jellemző értékeket vesznek fel, egészen a szint alsó határáig (9. ábra).

A szervesanyag tartalom a kezdeti 4,25% körüli magasabb értékéről 2% körülire csökken, és az ML1 szint aljáig ez nem is változik. A szint aljában enyhe (3% körül), majd az ML1 és ML1S1 szintek határfelületén erőteljes szervesanyag növekedés (5% körül) tapasztalható. Ez nyilvánvalóan bevezeti az ML1 löszköteg alatt található gyengén talajosodott horizontot.

A karbonáttartalom az ML1 szint legtetjén a recens talaj legalsó részeként meglehetősen alacsony értékeket (12% körül) mutat, majd a talajszint alatti akkumulációs horizontban a szelvényben mért legjelentősebb értékekkel jelentkezik (20% körül). Innentől fokozatos csökkenés tapasztalható a karbonáttartalomban, mely az ML1 szint alján 10% körüli értékeket vesz fel.

Az ML1S1 talajréteg választja el egymástól az ML1 és az ML1L1 löszrétegeket. Gyengén talajosodott szint, az ennek megfelelő szervesanyag és karbonáttartalom értékekkel. Jelentősebb szervesanyag dúsulás figyelhető meg ebben a rétegben, az ML1 szint alján elért 5%-os értékek állandósulnak a szintben. A karbonáttartalom a felső szintben tapasztalható jelentős csökkenés után 9% körüli értékeken stabilizálódik a szintben.

A szelvényben lefelé haladva a következő az ML1L1 löszréteg, mintegy 150 cm vastagságban. A szervesanyag értékek a rétegben folyamatos csökkenést mutatnak, az ML1S1 rétegben tapasztalható 5% a vizsgált réteg alján már csak 3% körüli értékeket mutat, ami igen hasonló az ML1 löszrétegben mért szervesanyag értékekhez. Ehhez jól korrelálnak a karbonáttartalom értékek is, melyek a réteg felső részétől kezdve fokozatos növekedést mutatnak. A réteg felső részén mért 9%-ról egészen 15%-ig tart a növekedés, de az ML1L1 és ML1S2 rétegek átmeneténél ismét csökkenés tapasztalható a karbonáttartalomban.

A következő réteg az ML1S2 gyengén fejlett talajszint, megközelítőleg 100 cm vastagságban. A szervesanyag tartalom intenzív növekedése figyelhető meg a szint közepéig, ahol egy 4,5%-os csúcs után alacsonyabb értékek mérhetők. A karbonáttartalom alapvetően csökkenő

---

tendenciát mutat, legalacsonyabb értékeit (~10%) a szint alsó részében mérhetjük, majd a szintet egy kismértékű növekedés, esetleges akkumulációs csúcs, zárja le.

A szelvény legalsó szintje a 180 cm vastagságú MS1 fejlett paleotalaj. A szervesanyag tartalma is ennek megfelelő, folyamatos dúsulás után 800 cm környékén éri el a szelvényben mérhető maximum értékeket (~5,5%), majd a réteg alján jelentős csökkenés tapasztalható. A karbonáttartalom fokozatosan csökken a réteg közepéig, ahol a szelvényben mérhető legalacsonyabb értékeket mutatja (~8,5%). A réteg legalján a szervesanyag tartalomban történő csökkenés és a karbonáttartalomban történő növekedés talán az MS1 szint alját jelzi és a fel nem tárt ML2 löszréteg bevezető horizontja.

### Szemcseösszetétel

A szemcseösszetételi eredmények kisebb-nagyobb ingadozásokat mutatnak a szelvény teljes hosszában, de ezeket standardizálva a főbb szemcseeloszlási következtetéseket le lehet vonni a szelvényben (9. ábra).

Az ML1 szintet alapvetően alacsony agyagtartalom (<3,9  $\mu\text{m}$ ) jellemzi, mindössze két pontban mérhető 10% feletti érték ebben a szintben, a legfelső részen, az MS0 átmeneti részében, illetve 260 cm környékén, ahol az agyagtartalom mellett a finomszemű (3,9-8  $\mu\text{m}$ ), aprószemű (8-16  $\mu\text{m}$ ) és közepesemű (16-32  $\mu\text{m}$ ) közetliszt frakció aránya is megnövekedik, a durva közetliszt (32-63,5  $\mu\text{m}$ ) rovására.

Az agyagtartalom növekedő tendenciája tapasztalható az ML1S1 rétegben, az értékek itt is elérhetik a 10%-ot, ami a szervesanyag tartalommal összevetve kevésnek mondható. Emellett ebben a szintben jelentősebb finomhomok (63,5-125  $\mu\text{m}$ ) jelenlét (~5%) kimutatható, mely valószínű, az üledékképződés közbeni nagyobb átlag szélességet jelöli (Pye, 1995).

Az ML1L1 löszrétegben az agyagtartalom nem esik vissza, sőt, lassú növekedése, majd 10% körüli állandósulása a teljes rétegben megmarad. A finomhomok frakció eltűnik, ami a közép- és aprószemű közetliszt frakció megnövekedésével helyettesítődik. E két frakció arányának növekedése gyenge mállási folyamatokat jelöl (Nesbitt & Young, 1989), amit az agyagfrakció állandósulása és a magasabb szervesanyag tartalom is alátámaszt.

Az ML1S2 talajszintben az agyagtartalom alapvetően nem változik, 10% körüli értékei végig megfigyelhetők a rétegben. Emellett megmarad a közép- és aprószemű közetliszt szokásostól eltérő nagy aránya, ami az ebben a szintben jelen lévő gyengén mállott, ám szervesanyagban gazdag talajszint jelenlétét magyarázhatja (Bohn et al., 1985; Nesbitt & Young, 1989). Megfigyelhető továbbá az újból megjelenő finomhomok frakció a rétegben, mely folytatódik az MS1 rétegben is.



---

Az MS1 réteg agyagtartalma a szelvényben mérhető legnagyobb értékekkel bír, a 16-18% körüli értékek azonban kevésnek tűnnek egy fejlett paleotalajhoz képest. Emellett egyértelműen nagy aránnyal vannak jelen a közép- és aprószemű kőzetlisztek, melyek a felsőbb rétegekben említett mállásos-pedogenetikus folyamatokhoz kapcsolhatók (Bohn et al., 1985; Nesbitt & Young, 1989). A finomhomok frakció a szint felső felében még jelen van, a legmagasabb értékei a 7-8%-ot is elérhetik, jelezve az üledékképződéskor is fennálló esetleges nagyobb átlagos szélességet (Pye, 1995). Az MS1 szint alján jelentős visszaesés tapasztalható a finomabb frakciók arányában, a durva kőzetliszt válik uralkodóvá, ami a szervesanyag és karbonáttartalom adatokkal összevetve valóban egy löszréteg kezdetét jelentheti.

#### Mágneses szuszceptibilitás és geokémiai főelem vizsgálat

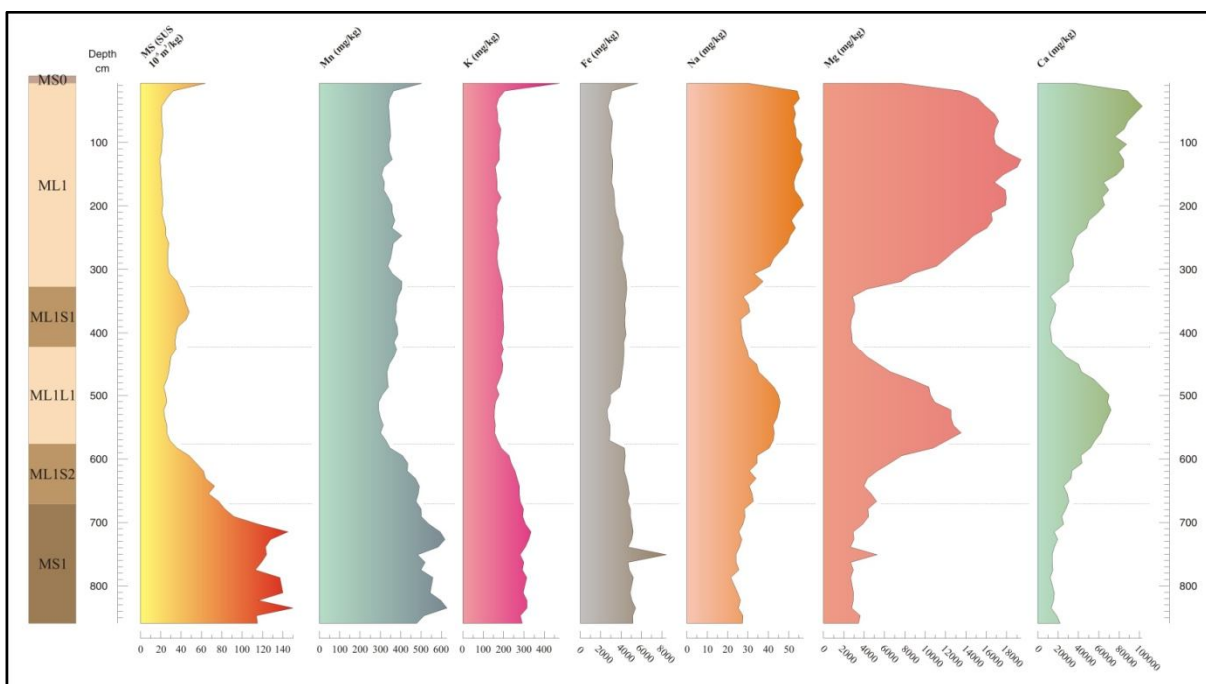
A szelvény tetejéről indulva mind a mágneses szuszceptibilitás és geokémiai főelem értékek az MS0 recens talajt jelzik, majd átlépve az ML1 löszrétegbe, az értékek ennek megfelelően változnak (10. ábra). Az MS értékek hirtelen csökkenéssel 20 körüli értékeken mozognak, a mállott szintekben nagy arányban jelentkező mangán, kálium és vas (Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2000) látványos csökkenést mutatnak. Majd a mangán és kálium szint stabil értéktartományban marad az ML1 szint aljáig, a vas viszont gyenge emelkedést mutat, ami nem számottevő ebben az esetben. Az átmeneti tulajdonságokkal bíró nátrium a szelvény teljes hosszában a löszös szintekben magas értékeket mutató magnéziummal és kalciummal korrelál. Az ML1 rétegben a szelvényben mérhető legmagasabb értékekkel jelentkezik, majd a réteg alsó részén intenzív csökkenésbe kezd. Ugyanezen a pályán mozog a magnézium és kalcium is, a szelvényben mérhető legmagasabb értékek után e két elemnél is, de főként a magnézium esetében, megfigyelhető egy értékcsökkenési periódus.

Az ML1S1 rétegben az MS értékek kis csúcsa jelentkezik, mely egyértelmű jele a pedogenezisnek, viszont az 50 körüli maximum értékek ebben az esetben meglehetősen alacsonynak számítanak. Ezt alátámasztandó, a mállást kísérő elemek (Mn, K, Fe) értékei sem nagyon változnak, nincsenek csúcspontok az eloszlási görbéken. Ezzel szemben a mállásérzékeny elemek (Mg, Ca) és a nátrium értékei igen alacsonyak, ami a dekarbonizációs folyamatnak, és a megkezdődött pedogenezisnek köszönhető (Dokuchaev, 1879; Ding et al., 2001).

Az ML1L1 löszréteg mintegy 150 centiméteres vastagságában az MS értékek visszaállnak az ML1 rétegben mért értékekre, jelezve az újabb löszös réteget. A mállást kísérő elemek értékeiben kismértékű csökkenés tapasztalható, melyek jelenthetik az üledék kismértékű mállottságát is (Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2000). A mállásérzékeny elemek és a nátrium

értékeiben is intenzív növekedés tapasztalható, majd a réteg alsó részében az addig növekvő értékek csökkenni kezdenek.

Az ML1S2 gyengén talajosodott rétegben az MS értékek folyamatos növekedése figyelhető meg, a kezdeti 35-ről 80 fölé emelkedő értékekkel, ami egy erőteljesebb pedogenetikus szintet feltételez. Ugyanez az emelkedési tendencia figyelhető meg a mállást kísérő elemeknél is, legjobban a mangán, legkevésbé a vas esetén tapasztalható emelkedés. A mállásérzékeny elemek és a nátrium esetén ennek megfelelően csökkenés tapasztalható, mely a réteg alján egy kismértékű emelkedéssel zárul, ami akár egy kisebb akkumulációs horizont is lehet, és megfigyelhető a karbonáttartalom esetén is (9. ábra).



10. ábra – A mázai lösz-paleotalaj szelvény MS és geokémiai főelem vizsgálatának eredményei

A szelvény legalsó rétege a jól fejlett MS1 paleotalaj. Az előrehaladott pedogenezist jelzi az MS értékek erőteljes növekedése és a 110-150 közt állandósuló maximumok is ezt mutatják. Emellett a mállást kísérő elemek, különösen a mangán értékei magasak, ellenben a kálium (aminek a legmagasabb értékeit épp a szelvény tetején, az MS0/ML1 átmenetnél láthatjuk) csak kis mértékben, a vas pedig alig emelkedik ebben a szintben. A mállásérzékeny elemek és a nátrium is igen alacsony értékeket mutatnak ebben a szintben, habár a nátrium esetében nem olyan nagymértékű a csökkenés, mint a magnézium és a kalcium esetében. A szint aljában, ahogyan a karbonáttartalomban és a szemcseösszetételben is, megfigyelhető egy kismértékű növekedés a mállásérzékeny elemekben, valamint csökkenés az MS és a mállást kísérő elemek (főleg a mangán) tekintetében.

Érdekesség az MS1 szintben a vas és a magnézium hirtelen, egyazon mintában történő valószínűtlenül magas csúcserőke. Ezt okozhatta egy hiba a minták előkészítésében, de ebben

---

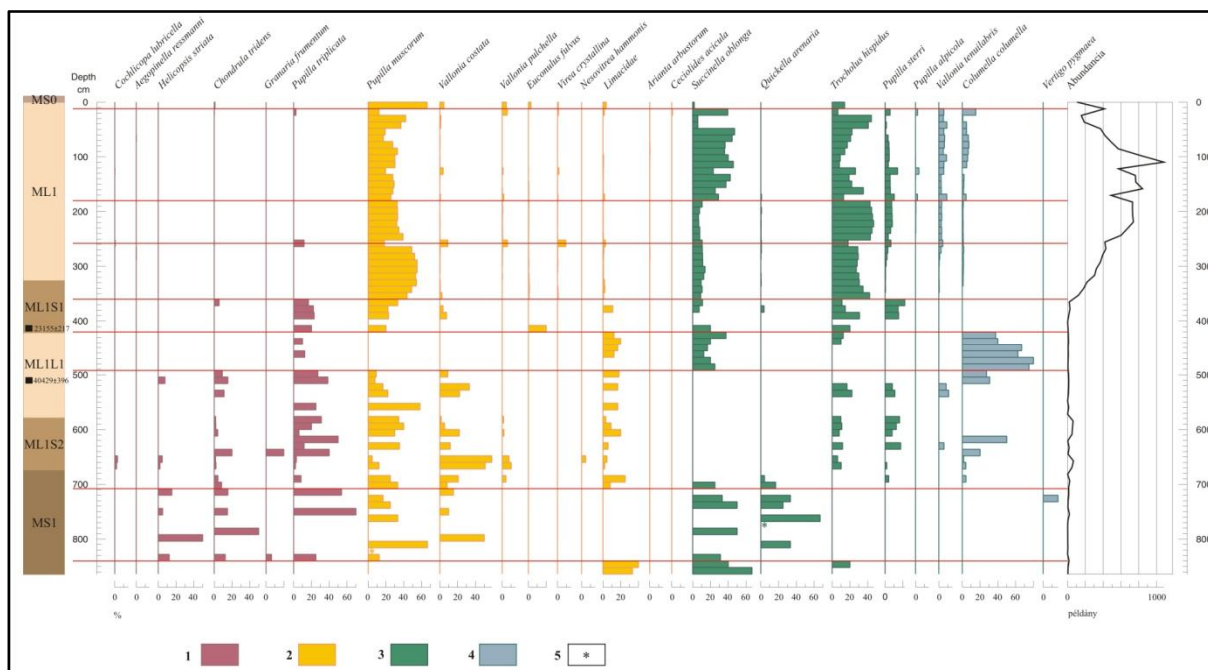
az esetben a többi elem értékében is anomáliának kellene mutatkoznia. Így inkább valószínű lehet egy vasban és magnéziumban dús horizont jelenléte a talajrétegen belül.

#### 4.2.4. A szelvény malakológiai vizsgálatának eredményei

A Máza, téglagyár lösz-paleotalaj szelvény 72 mintájából 24 szárazföldi csigafaj 15.570 db határozásra alkalmas héja került elő. Az egy mintára eső átlag egyedszám 216 darab, de az abundancia értékekből látható, hogy az eloszlás korántsem egyenletes. A meghatározott héjak abundancia és dominancia viszonyai a 11. ábrán láthatók. A fajok dominancia értékeit tanulmányozva a szelvényben 9 malakológiai horizontot lehetett elkülöníteni, melyek a 11. ábrán szintén láthatók. A malakológiai horizontok jellemzése a szelvényben letről felfelé halad. A vizsgált területen már történtek malakológiai vizsgálatok (Krolopp, 1966), de mind az alkalmazott mintaköz, mind a leírás részletessége új vizsgálatokat kívánt, mivel Krolopp Endre professzor az elemzésében csak a szelvény egy részének malakológiai anyagát közölte (Krolopp, 1966).

Az első malakológiai horizont a szelvény aljától 840 centiméterig található. Alapvetően ez a szint – ahogyan a szedimentológiai elemzések is kimutatták – az MS1 paleotalaj réteg alját jelöli, ami a fauna összetételében is meglátszik. A hidegtűrő, alapvetően nedves és nyílt vegetációt kedvelő *Succinella oblonga*, a szintén hidegtűrő, nedvességkedvelő, de inkább zárt vegetációt preferáló *Trochulus hispidus* és tágtűrősű, kizárólag erdei előfordulású *Limax* faunaegyüttes alapján elmondható, hogy a malakológiai horizont egy hűvös, magasabb páratartalommal, és vegyes, nyílt-zárt vegetációval rendelkező környezetet feltételez a szelvény alján.

A második malakológiai horizont az MS1 paleotalaj rétegben található, 840 cm és 708 cm között. Legszembetűnőbb változás az előző horizonttal szemben a nagyszámú melegkedvelő (*Helicopsis striata*, *Chondrula tridens*, *Granaria frumentum*, *Pupilla triplicata*) és tágtűrősű (*Pupilla muscorum*, *Vallonia costata*) faj megjelenése a hidegtűrők rovására (eltűnik a *T. hispidus*, de megjelenik a *Quickella arenaria*). A megjelent fajok közül több kifejezetten a nyílt vegetációt részesíti előnyben (*H. striata*, *G. frumentum*, *P. triplicata*, *Q. arenaria*), ellenben a zárt vegetációt kedvelő fajok (*Limax* félék, *T. hispidus*) eltűnnek. Ezek alapján a horizontban jelentős változások zajlottak le, a szintben lezajlott felmelegedéssel együtt a korábban jelen lévő erdőfoltok eltűntek, vagy összezsugorodtak, és a nyílt sztyepp vegetáció került túlsúlyba. A felmelegedés valószínű, nem volt olyan nagymértékű, ugyanis a hidegtűrő fajok aránya jelentős maradt a horizontban (12. ábra).



11. ábra – A mátyási lösz-paleotalaj szelvény fajszintű malakológiai vizsgálatának eredményei: dominancia és abundancia viszonyok, malakológiai horizontok abszolút koradatokkal (a fajok ökológiai csoportjai: 1. melegkedvelő fajok, 2. mezofil fajok, 3. hidegtűrő fajok, 4. hidegkedvelő fajok, 5. sporadikus héjtartalom)

A harmadik malakológiai horizont 708 cm és 492 cm között húzódik, magába foglalja az MS1 paleotalaj réteg felső részét, az ML1S2 paleotalaj réteget és az ML1L1 löszréteg alsó felét. Legmagasabb dominanciával a tágtűrészű *Pupilla muscorum*, a *P. triplicata* és a *V. costata* rendelkeznek. A horizont legalján jelen lévő, de rohamosan eltűnő, nedves, nyílt vegetációt kedvelő *S. oblonga* és *Q. arenaria* helyett újra megjelennek a zárt vegetációt kedvelő fajok (*Limax*, *T. hispidus* és a tágtűrészű *Vallonia pulchella* és *Nesovitrea hammonis*). A melegkedvelők aránya tovább csökken, az előző horizontban jelen lévő fajok mellé csatlakozik a szintén nyílt vegetációt kedvelő, xerofil *Cochlicopa lubricella* is. Emellett új hidegtűrő (a nyílt vegetációt kedvelő, xerofil *Pupilla sterri*) és hidegkedvelő (a zárt vegetációt preferáló *Vallonia tenuilabris* és a változó vegetációt kedvelő *Columella columella*) fajok jelennek meg a horizontban, ami az előző horizonthoz képest kisebb mértékű lehűlést jelöl, ugyanis a melegkedvelők nem tűnnek el teljesen a horizontból. Továbbá a zárt vegetációt kedvelő fajok ismételt megjelenése arra enged következtetni, hogy a lehűléssel az erdőfoltok kiterjedése is megnövekedett, de nem erdősült be teljesen a terület. A horizont felső részénél található a szelvény első koradata, amely  $40.429 \pm 396$  cal BP év, tehát az MIS 2 és 3 időszakok közé tehető, a GI 11 interstadiális időszakára (Björck et al., 1998; Gibbard & Cohen, 2008). Ebben a szintben magasabb dominanciával jelentkeznek a melegkedvelő *C. tridens* és *P. triplicata* fajok is.

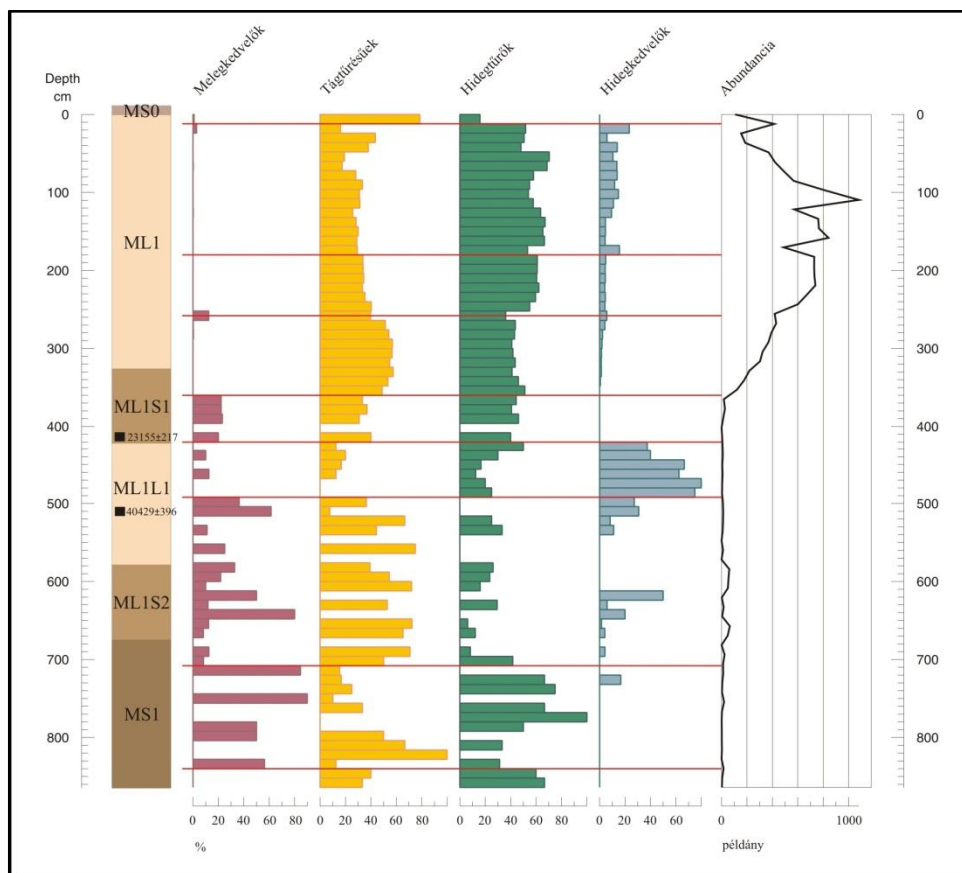
---

A negyedik malakológiai horizont 492 cm és 420 cm között helyezkedik el. Ebben a horizontban igen jelentős változások figyelhetők meg a malakofaunában, ugyanis a fő domináló faj szerepét a hidegkedvelő *C. columella* vette át, erőteljes lehűlést jelezve. A melegkedvelők közül csak a *P. triplicata* maradt, a többi faj eltűnt, ahogyan a tágtűrésűek közül is a *P. muscorum*, *V. costata*, *V. pulchella* és *N. hammonis*. Viszont a *Limax* fajok példányai ebben a horizontban is jelen voltak, és emellett megjelent a *S. oblonga*, majd a horizont felső hányadában a *T. hispidus* is. A dominancia viszonyok alakulása ebben a horizontban egy markáns lehűlési időszakot jelöl, amely során a nyílt vegetációval rendelkező területek megnövekedtek, az erdős területek aránya pedig lecsökkent. Talán ezekben az erdőfoltokban vészelték át a klíma hidegebbre fordulását az erre érzékeny fajok. A horizont felső határánál található a szelvény másik radiokarbon koradata, mely  $23.155 \pm 217$  cal BP évnak felel meg, így a horizontban tapasztalt lehűlési eseménynek köze lehet az MIS 3 és 2 közt megjelenő GS 3 stadiálishoz (Björck et al., 1998; Gibbard & Cohen, 2008).

Az ötödik malakológiai horizont az ML1S1 paleotalaj rétegben található, 420 cm és 360 cm között helyezkedik el. Nem túl nagy, de malakológiaiilag annál érdekesebb horizont. A legszembetűnőbb változás a negyedik horizonthoz képest a hidegkedvelő fajok teljes eltűnése, mely egyértelműen a hűvös/hideg klímaviszonyok enyhülését mutatja. Ezzel párhuzamosan a melegkedvelők aránya – habár csak kisebb mértékben – növekedett, a *P. triplicata* mellett a *C. tridens* is megjelent. A tágtűrésűek közül visszaesett a *Limax* fajok aránya, de visszatért a *P. muscorum* és a *V. costata*, valamint megjelent a nagy ökológiai tűrőképességű *Euconulus fulvus* is. A hidegtűrők közül a *T. hispidus* növekvő és a *S. oblonga* csökkenő dominanciája figyelhető meg, miközben újra megjelenik a horizontban a *P. sterri*. Ezek a dominanciaváltozások egyértelműen egy enyhébb klímaviszonyokkal rendelkező időszakot mutatnak be, ahol a zárt vegetáció kismértékű területi előretörése figyelhető meg a nyílt vegetációval szemben.

A soron következő, hatodik malakológiai horizont 360 cm és 258 cm között található. A horizontból eltűnnek a melegkedvelő fajok, mezofil és hidegtűrő elemek dominálnak a szintben. Ezek közül is a legnagyobb dominanciával a *P. muscorum* rendelkezik, emellett a *T. hispidus* és a *S. oblonga* dominancia arányai jelentősebbek. A horizont felső részében hidegkedvelő fajok (*V. tenuilabris*, *C. columella*) és a *P. sterri* is megjelenik. Ám a hidegkedvelők és a hidegtűrők össz-dominanciája sem haladja meg a mezofil fajok dominanciáját (12. ábra). Így elmondható, hogy a hatodik malakológiai horizont egy átmeneti időszakot jelöl az ötödik, enyhébb, és a hetedik, hidegebb horizont közt. A növényzeti borítottság kismértékben a zárt vegetáció javára változik, de ez a változás nem tűnik jelentősnek. További érdekessége ennek a horizontnak a hetedik horizonttól elválasztó

határvonala, ugyanis ott több mezofil (*V. costata*, *V. pulchella*, *Vitrea crystallina*) és egy melegkedvelő (*P. triplicata*) faj is megjelenik. Lehetséges, hogy a dominanciaváltozásokból sikerült egy rövid felmelegedési periódust kimutatni a hatodik és a hetedik szint határán.



12. ábra – A mátyási lösz-paleotalaj szelvény csigafaunájának hőmérsékleti igény szerinti csoportosítása; dominancia és abundancia viszonyok, abszolút koradatok és malakológiai horizontok

A hetedik malakológiai horizont 258 cm és 180 cm között alakult ki. A hidegtűrők előretörése figyelhető meg, a szelvényben legnagyobb dominanciával itt jelentkező *T. hispidus* uralja a szintet. Mellette a mezofil *P. muscorum*, valamint a szintén hidegtűrő *S. oblonga* és *P. sterri* dominanciája említésre méltó. Kicsiny, de állandó dominanciával képviselteti magát a hidegkedvelő *V. tenuilabris* is. A *T. hispidus* magas dominanciája a hűlő klímaviszonyok mellett a zárt vegetáció előretörését jelzi, bár a nyílt vegetációt kedvelő fajok (*P. muscorum*, *S. oblonga*, *P. sterri*) még így is többségben vannak, talán az erdők legnagyobb területi kiterjedése ebben a horizontban lehetett.

A nyolcadik malakológiai horizont 180 cm és 12 cm között került kijelölésre. Egyértelműen egy hideg klímaviszonyokkal rendelkező időszakot különíthetünk el a fajok dominanciájának alakulása alapján. A melegkedvelők hiányoznak a horizontból, a mezofilokat pedig a *P. muscorum*, és töredékesen a *V. costata*, *V. pulchella*, *Limax* hármas kíséri. Emellett a *T. hispidus* igen magas dominanciája figyelhető meg, de a horizont legdominánsabb eleme a *S. oblonga*. A *T. hispidus* és a *S. oblonga* dominanciája fordított arányban változik a



---

horizontban. A hidegtűrők közül jelentékeny dominanciával jelentkezik a *P. sterri* is. A 12. ábrán is egyértelműen nyomon követhető a hidegkedvelő fajok arányának növekedése, jelezve ezzel a jelentősebb lehűlést ebben a horizontban. Ezt a két ismert faj, a *V. tenuilabris* és a *C. columella* mellett a csak ebben a horizontban megjelenő, recens jelenleg az Alpok és Kárpátok magashegységi régióiban, havasi réteken élő *Pupilla alpicola* is alátámasztja. Tehát a dominanciaviszonyok alakulásából egy meglehetősen hűvös/hideg, túlnyomórészt nyílt vegetációval jellemezhető környezet volt jelen ebben a horizontban, melyben az erdőfoltok kiterjedése lecsökkent, illetve a horizonton belül is változott, de alárendelt szerepű volt. Ez az időszak valószínűleg az utolsó nagy eljegesedési maximumot, az MIS 2 glaciális periódust jelöli a késő-pleisztocénben.

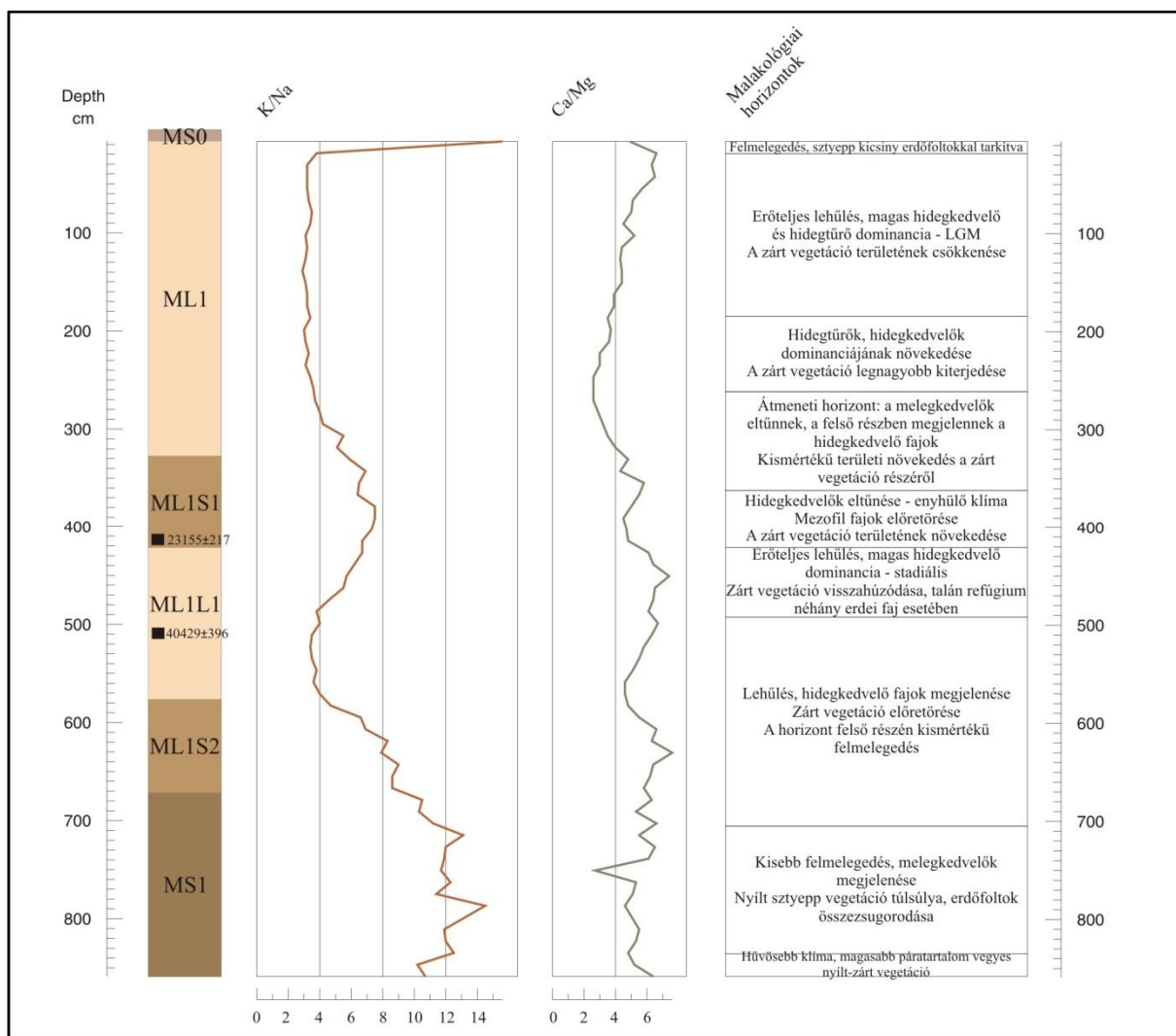
A kilencedik malakológiai horizont gyakorlatilag a szelvény legsekélyebb mintáját jelenti, mely a pleisztocén végi, talán holocén eleji enyhülő környezeti körülményeket mutatja. A hidegkedvelők ebben a horizontban már nincsenek jelen, a hidegtűrők dominanciája is csökken, ellenben a tágtűrűsű fajok száma és dominanciája is megnő. A horizont legdominánsabb eleme a *P. muscorum*, megjelenik továbbá a *V. pulchella*, *V. costata*, *E. fulvus* és a *Limax* félék, de emellett a *T. hispidus* is jelen van, viszonylag nagy dominanciával. Ezek a viszonyok egy felmelegedő/megenyhülő környezetet mutatnak, ahol a nedves, nyílt vegetációjú területeket kicsiny erdőfoltokkal tarkított száraz sztyepp váltja fel.

#### 4.2.5. A vizsgálati eredmények összegzése

A mázai téglagyár területén kialakított lösz-paleotalaj szelvényen végzett vizsgálati eredményeket – ahogyan a villánykövesdi szelvény esetében is – két részre lehet bontani. Az üledéktani és geokémiai vizsgálatok eredményei alapján elmondható, hogy a szelvényben az ML1 és az ML1L1 rétegek K/Na aránya 4 alatti, azaz kevésbé mállott üledékekről van szó (Hum, 1998) (13. ábra). Ezzel szemben a legmagasabb K/Na aránnyal rendelkező, és ezzel a legmállottabb üledékek az MS0 recens talajrétegből származó minta a szelvény tetején, és az MS1 paleotalaj réteg, ahol a fenti arány meghaladta a 10-et, sőt a maximum értékei 14-16 körül alakultak. Az ML1S1 és ML1S2 gyengén fejlett talajrétegekben a K/Na arány 4 és 9 között alakul, feltételezve ezzel a vizsgált rétegek gyengébb mállottságát.

Ezzel szemben a villánykövesdi szelvény esetén fordított arányossággal jellemezhető Ca/Mg hányados a mázai szelvény esetében teljesen más képet mutat. A mázai szelvényben a Ca/Mg hányados nagyvonalakban 2 és 7 között mozog, ami viszonylag egyenletesnek mondható. Összevetve a karbonáttartalommal látható, hogy a karbonáttartalom görbe lefutása viszonylag kis szórást mutat, azaz nincsenek benne hirtelen szignifikáns értékváltozások. Ez lehet az oka a Ca/Mg görbe simább lefutásának is. A gyengébben mállott üledékrétegekben helyben tudott

maradni mind a kalcium, mind a magnézium, tehát a dekarbonizáció folyamata nem volt olyan erőteljes (Dokuchaev, 1879; Ding et al., 2001), és a kalcit/dolomit arány is egyenletesebb (Hum, 1998; Jeong et al., 2011; Wimpenny et al., 2014). A malakológiai fajösszetételből kiindulva a rekonstruált mikroklíma a mázai szelvény területén nem volt olyan kellemes, mint a villánykövesdi szelvény esetén, így talán a hűvösebb klímaviszonyok miatt nem történt oly jelentős mértékű mállás (Cresser et al., 1993; Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2000; Kabata-Pendias, 2001).



13. ábra – A Máza, téglagyári szelvény geokémiai és malakológiai eredményei

Tehát a mázai szelvény malakológiai vizsgálata során rekonstruált klímaviszonyok a hidegtűrők és hidegkedvelők a teljes szelvényben jelen lévő magas dominanciája (12. ábra) miatt alapvetően hűvösebbnek/hidegebbnek tűnnek a villánykövesdi szelvényénél. Olyan, ténylegesen hidegkedvelő fajok is megjelentek a szelvényben, amelyek recensén csak magashegységi régiókban találhatók meg (*Vallonia tenuilabris*, *Pupilla alpicola*), jelezve, hogy ezen az északias kitettségű hegyláb felszíni területen a pleisztocén végén erőteljes lehűlési periódusok jelentkeztek. Emellett a szelvény faji dominancia viszonyai alapján



---

nem kevesebb, mint kilenc malakológiai horizontot lehetett lehatárolni. Az intenzív dominancia fluktuációk oka talán a vizsgált terület földrajzi helyzete lehetett, ugyanis ez a viszonylag sík tereplépcső egy átmeneti terület lehetett a magasabb és az alacsonyabb térszínek között. Emellett a dominancia viszonyok alakulásából jól megfigyelhető a nyílt és a zárt vegetáció kiterjedésének változása, a szinte teljesen beerdösült állapottól a tiszta sztyepp állapotig.

#### **4.3. Szálka, strand szelvény**

A Szálka településtől délnyugatra elhelyezkedő lösz-paleotalaj szelvény mintázása 2011-ben történt, mely során a mintegy 11 méter magas szelvényből 12 centiméteres mintaközzel 94 darab mintát sikerült kiemelni. A mintákon malakológiai vizsgálat, szervesanyag és karbonáttartalom vizsgálat, szemcseösszetétel meghatározás, MS és geokémiai mérések történtek.

##### *4.3.1. A vizsgált szelvény elhelyezkedése*

A megmintázott lösz-paleotalaj szelvény a Szekszárdi-dombság területén, a Szálka községet Mőcsénnyel összekötő műút mentén kialakított útbevágásban található. A szelvényfal déli kitettségű, ahogyan maga a domboldal is, amit átvágtak (14. ábra). Tetejének a tengerszint feletti magassága 149 méter. A szelvény környékén egy mesterségesen felduzzasztott tó és strand terül el, a domboldalban telepített fenyves található.

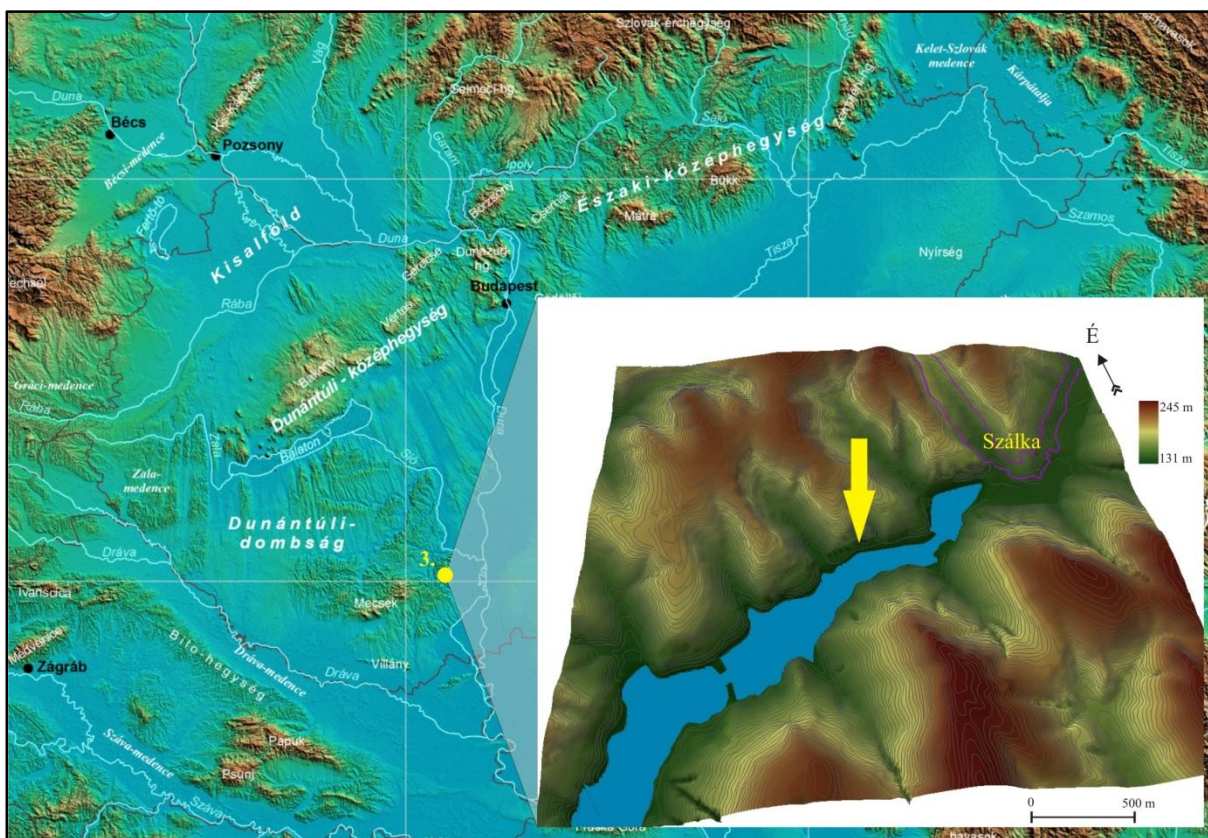
A szelvényfal megtisztítása viszonylag sok munkával járt, ugyanis a fal tövében meglehetősen sok törmelék gyűlt össze, melynek az eltávolítása sok időt vett igénybe

##### *4.3.2. A szelvény litológiai leírása*

A Szálka közelében található, megtisztított, 1128 cm magas szelvényfal litológiai leírása során öt horizontot sikerült lehatárolni. A litológiai horizontok leírásához a kínai löszszelvényeken alkalmazott jelöléseket alkalmaztuk (Kukla, 1987; An et al., 1990; Ding et al., 2005; Gibbard & Cohen, 2008; Marković et al., 2008), kiegészítve a lelőhely „S” betűjével (15. ábra).

A szelvény alsó részén egy jelentős kiterjedésű, barna színű (10YR 5/3) homogén paleotalaj réteg található, mintegy 3 méter vastagságban, 1128 cm és 852 cm között. A későbbi elemzések alapján talán fel lehetne osztani kisebb részekre, de a terepi leírás során igen egynemű volt. Igen alacsony fosszília tartalommal bír, jelölése SS1. Felette 852 cm és 636 cm között egy újabb, jól fejlett paleotalaj réteg következik. Színe világosbarna (10YR 6/3), fosszília tartalma szinte elenyésző. Jelölése a fenti terminológia alapján, és mert

feltételezhetően ez a réteg az SS1 paleotalaj és SL1 löszréteg közti átmeneti genetikájú réteg, SL1S2.



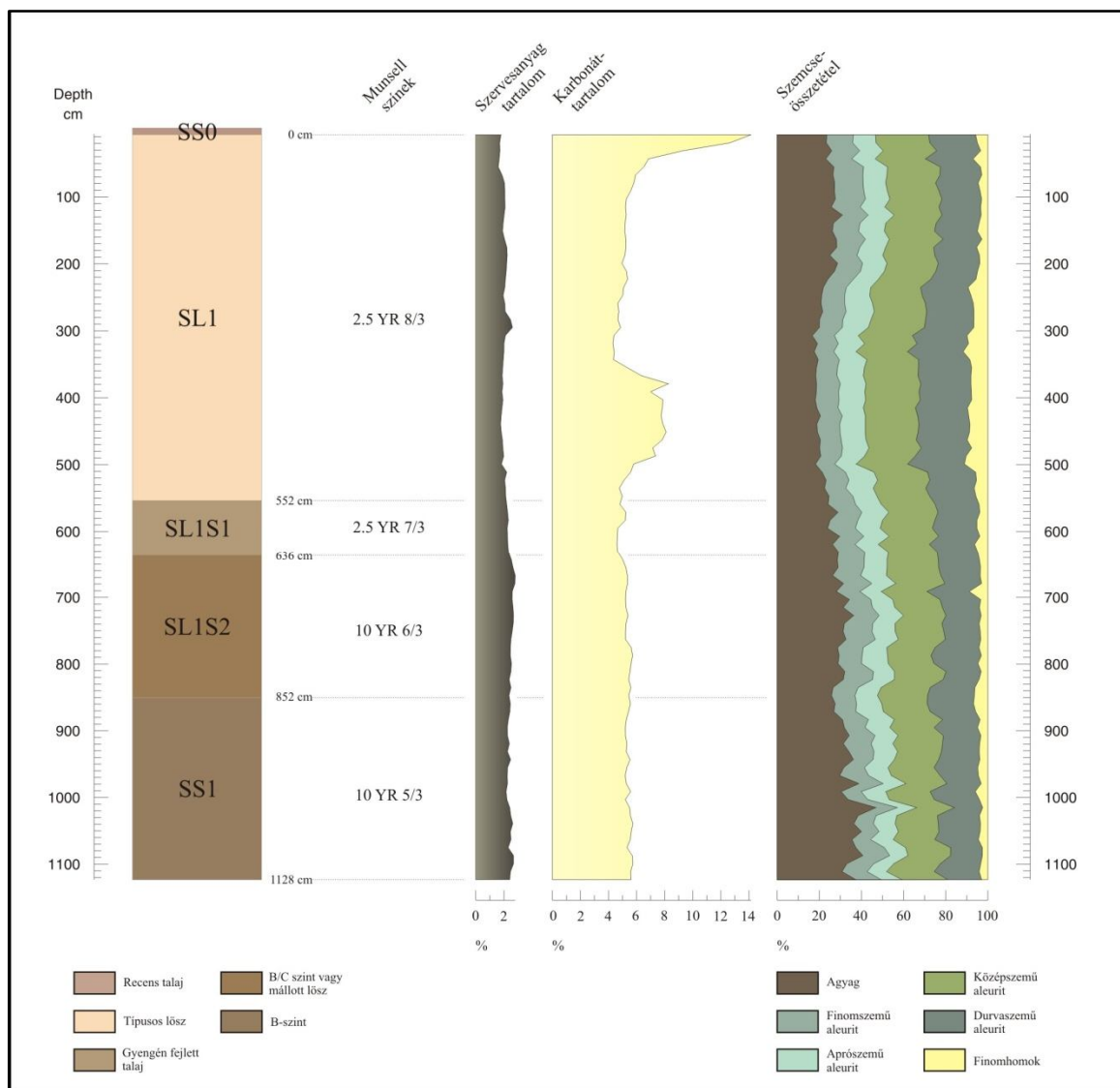
14. ábra – A Szálka, strand lösz-paleotalaj szelvény elhelyezkedése a Kárpát-medencében és a szűkebb környezetében (a szelvény helyét a sárga nyíl jelöli)

Erre a paleotalaj rétegre 636 cm és 552 cm között, mintegy 80 cm vastagságban világossárga színű (2,5YR 7/3), gyengén fejlett paleotalaj réteg települt, mely a felette lévő löszrétegtől színben szinte csak egy árnyalatnyit tér el. Szintén átmeneti genetikájú réteg, jelölése ezért SL1S1 lesz. Erre a gyengén fejlett paleotalaj szintre települ a szelvény legvastagabb, litológiailag egyneműnek tekinthető löszrétege, mely 552 cm és a recens talajszint közt található, világossárga színű (2,5YR 8/3). Értékelhető csigafaunát csak ebből a rétegből sikerült kinyerni, valamint igen valószínű, hogy az utolsó nagy löszképződési időszak során halmozódott fel az üledék, ezért a jelölése SL1. A szelvény tetején viszonylag kis vastagságban, mintegy 15 cm vastagon recens talaj található, jelölése SS0 lett.

Sajnos a szelvényben található szegényes malakofauna miatt radiokarbon kormeghatározás nem történt a szelvény mintáin.

#### 4.3.3. A szelvény üledéktani elemzéseinek eredményei

A szálkai szelvény 94 darab mintáján elvégzett üledéktani és geokémiai vizsgálatok eredményeit három nagyobb fejezetben érdemes tárgyalni. Az elemzés az előző részben bemutatott sztratigráfiai egységek szerint halad.



15. ábra – Szálka, strand lösz-paleotalaj szelvény litológiai leírása, szervesanyag és karbonáttartalom, valamint szemcseösszetételi eredményei

### Szervesanyag és karbonáttartalom

A szelvényben mért szervesanyag és karbonáttartalom eredmények első ránézésre meglehetősen egyhangúnak tűnnek (15. ábra). A legnagyobb változatosság az értékek alakulásában az SL1 löszrétegben tapasztalható. A szervesanyag értékek a teljes rétegben 2% körül mozognak, mindösszesen egy alkalommal, 300 cm környékén alakult ki egy kisebb csúcs (~2,5%). A 2% körüli szervesanyag tartalom egyébként nem mondható alacsonynak a löszös üledékekben. Az SL1 réteg karbonáttartalma azonban jóval változatosabb képet mutat a szervesanyag értékeknél. Az SL1 réteg tetején egy magas karbonáttartalommal jellemezhető szint található, ami igen valószínű, hogy az SS0 recens talajréteg alatt kialakuló akkumulációs horizontnak felel meg. Azonban ami e horizont után következik, az meglehetősen különös. A karbonáttartalom értékek erőteljes csökkenés után 5% körül stabilizálódnak, egészen kb. 350 centiméteres mélységig. Ilyen alárendelt karbonáttartalom a löszös üledékekben meglehetősen

---

ritka, így igen valószínű, valamilyen posztgenetikus folyamat hatására távoztak el a karbonátok ebből a mélységből. 350 cm és 500 cm között a karbonáttartalom kissé megnövekszik, hozzávetőlegesen 8% körül stabilizálódik. Ez lehet a fentebbi karbonátszegény szinthez köthető akkumulációs horizont, vagy esetlegesen egy posztgenetikus hatásoknak jobban ellenállni tudó szintet mutatnak a magasabb értékek. Az SL1 réteg alján a karbonáttartalom értéke visszaáll az 5% körüli értékre.

Az SL1S1 réteg mintegy 80 centiméterén a szervesanyag tartalom szinte nem is változik, talán egy hajszálnyival növekedve 2,5% körüli értékeket vesz fel. A gyenge növekedés jelezheti a paleotalaj jelenlétét, de a villánykövesdi és a mázai szelvények első paleotalajaiban ennél sokkal erőteljesebb volt a szervesanyag tartalom növekedése. A karbonáttartalom értékekben az SL1 szint záró értékeihez képest szinte nem is tapasztalható változás, 5% körüli értékek figyelhetők meg ebben a rétegben.

Az SL1S2 paleotalaj rétegben a szervesanyag tartalom növekedése figyelhető meg, igaz, csak rendkívül kis mértékben. A réteg felső részében jelentkezik egy kisebb csúcs, valamivel 3% felett, lefelé haladva pedig az értékek kevéssel ez alatt a csúcs alatt maradván állandósulnak 3% körül. A karbonáttartalomban is hasonló jelenség játszódik le, de az SL1S2 rétegben a karbonáttartalom kismértékű emelkedése figyelhető meg, ami számszerűen kb. 5-5,5%-os mennyiségeket jelent.

A szelvény alja felé haladva a legalsó az SS1 paleotalaj réteg. A terepi leírás szerinti legfejlettebb talajrétegben nagy mennyiségű szervesanyagot várhatnánk, de az SL1S2 rétegben tapasztalt általános szervesanyag hiány itt is tapasztalható. Közel azonos értékeket felvéve, az SL1S2 réteg értékeinél kissé alacsonyabb, 2,5-3% körüli értékek figyelhetők meg ebben a rétegben. A karbonáttartalom is e szerint a trend szerint alakul, az SL1S2 rétegben állandósult 5-5,5% az SS1 rétegben is folytatódik.

Általánosságban elmondható, hogy a megszokottól eltérő szervesanyag és karbonáttartalommal jellemezhető a szálkai szelvény. Igen valószínű, hogy valamilyen posztgenetikus folyamat hatására a szervesanyag és a karbonátok nagy része eltávozott a szelvényből.

#### Szemcseösszetétel

A szálkai szelvényben a főbb szemcseméret tartományok lefutása – a szervesanyag és karbonáttartalom anomálián felül – szintén elgondolkodtató (15. ábra). Az SL1 löszrétegben a löszökben meghatározó közép- és durvaszemű (16-32  $\mu\text{m}$ ; 32-63,5  $\mu\text{m}$ ) közetliszt mennyisége együttesen nem éri el az 50%-ot, ami meglehetősen kevésnek mondható. Ellenben a réteg agyagtartalma (<3,9  $\mu\text{m}$ ) a megszokottnál jóval több, 15-25% között ingadozik. Az ingadozás



---

oka egyértelműen a karbonáttartalomban keresendő, ugyanis ahol az SL1 szintben magasabb karbonát értékek figyelhetők meg (0-20 cm és 350-500 cm környékén), ott az agyagtartalom is alacsonyabb értékeket vesz fel. Ellenben, ahol a karbonáttartalom alacsony, ott éri el az agyagtartalom az SL1 rétegben a legmagasabb értékeit. A karbonát migráció és az agyagtartalom megnövekedése egyértelműen a mállást, mint folyamatot jelzi (Nesbitt & Young, 1989; Pye, 1995). Emellett látható, hogy az SL1 rétegben a finomhomok (63,5-125 µm) frakció aránya is magasnak mondható, több helyen – főleg 220 cm és 500 cm között – meghaladja a 10%-ot, ami az akkumuláció során jelentkező intenzívebb felhalmozódási energiára (nagyobb átlag szélesebesség) utalhat (Pye, 1995).

Az SL1S1 paleotalaj rétegben az előző réteghez képest a legfontosabb változások az agyagtartalom további, folyamatos növekedése, és ezzel egyidejűleg a finomhomok frakció mennyiségének a csökkenése. Az agyagfrakció értékei 20-27% között ingadoznak, a finomhomok tartalom viszont csak 5% körüli. A jelenségnek az erőteljes mállási folyamat lehet az okozója, ugyanis a mállás során a túlnyomórészt kvarcból álló homokszemcsék fizikailag, de inkább kémiai elaprózódhatnak/beoldódhatnak, így csökkentve az átlag szemcseméretet a mintákban (Nesbitt & Young, 1989). Ez a jelenség az SL1 rétegben, de a további rétegekben is megfigyelhető.

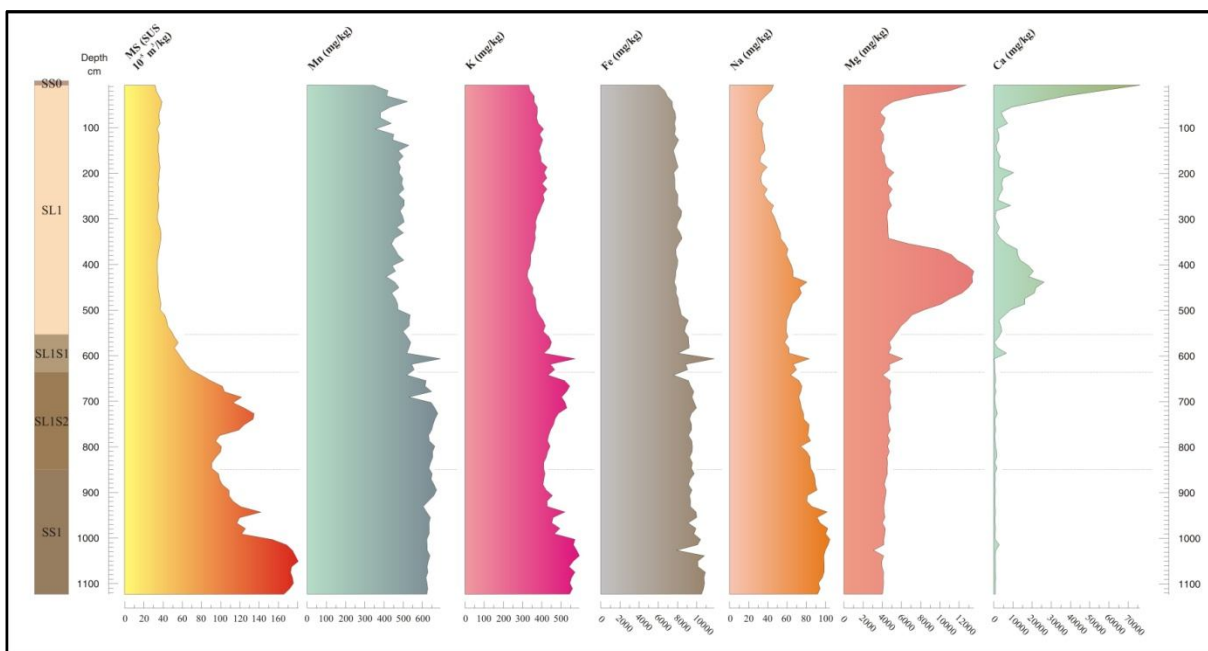
Az SL1S2 paleotalaj rétegben az agyagtartalom további növekedése tapasztalható, átlagosan 30% körüli mennyiségben, de a legmagasabb értékek eléri a 35%-ot. Ezzel szemben a finomhomok és a durva közetliszt frakciók mennyiségének csökkenése figyelhető meg, ami a fentebb említett folyamat bizonyítéka lehet. A réteg alján egy kisebb visszaesés figyelhető meg az agyagtartalomban (25% körül), ami az előbbi két durvább frakció növekedését vonta maga után, talán egy kevésbé mállott horizontot jelezve az SL1S2 és az SS1 rétegek között.

Az SS1 paleotalaj rétegben az agyagtartalom további növekedése figyelhető meg, elérve a szelvényben mért legmagasabb értékeket 35% és 45% között. A löszökben, de még paleotalajokban is extrém magasnak számító értékek továbbra is az erőteljes mállási folyamatot jelölik. A magas agyagtartalom mellett természetesen a durva közetliszt és a finomhomok frakció aránya együttesen csak 20-25% körül mozog. Érdekesség, hogy a finomhomok frakció a szelvény teljes magasságában jelen van, ami speciális akkumulációs körülményeket feltételez a jelen lévő homok származási helyét illetően a szelvény képződése során.

#### Mágneses szuszceptibilitás és geokémiai főelem vizsgálat

A szátkai szelvény mintáin végzett MS és geokémiai vizsgálatok is a fenti eredményeket tükrözik (16. ábra). A szelvény tetejéről indulva az SL1 löszrétegben az MS értékek

viszonylag egyhangúnak mondhatók, de az átlag 40 körüli értékek magasnak mondhatók a löszökben. Az átlagnál magasabb MS értékek mellé a mállást kísérő elemek (Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2000) nagyobb koncentrációja is társul. A mázai szelvény ML1 rétegében mért ugyanezen elemek koncentrációjához képest (10. ábra) a mangán kb. 150, a kálium kb. 200, a vas pedig kb. 3500 mg/kg mennyiséggel haladja meg az ott mért szinteket. Ezek a különbségek igen jelentősnek mondhatók, nem hiába a szervesanyag és karbonáttartalom, valamint a szemcseösszetétel és az MS mérésekkor jelentkező, a megszokottól eltérő értékek jelenléte. Az SL1 rétegben a mállásérzékeny elemek koncentrációja meglehetősen alacsony. A klasszikus kalcium és magnézium, valamint a nátrium értékek lefutása a karbonáttartalommal korrelál, a réteg felső részében, valamint 350 cm és 500 cm között mérhetők magasabb értékek.



16. ábra – A szálkai lösz-paleotalaj szelvény MS és geokémiai főelem vizsgálatának eredményei

Az SL1S1 paleotalaj réteg MS értékeiben folyamatosan növekvő tendencia figyelhető meg, a réteg alján már 70 körüli MS értékek mérhetők. A mállást kísérő elemek viszonylag állandó – de az SL1 szintnél magasabb – értékekkel bírnak ebben a rétegben. Mind a mangán, a kálium és a vas esetében megfigyelhető egy hirtelen kiugró érték 610 cm magasságában. Ez a kiugró érték jelentkezik a nátriumnál és a magnéziumnál is, de ezeknél az elemeknél jóval kisebb mértékű a változás. Valószínű, hogy egy elemakkumulációs horizontról lehet szó, ugyanis ez a kiugrás a többi vizsgálat eredményeiben nem tapasztalható.

Az SL1S2 paleotalaj rétegben az MS értékek további intenzív növekedése figyelhető meg a réteg közepéig, ahol 135-ös csúccsal tetőznek az értékek, majd folyamatos csökkenéssel a réteg aljára 90 körüli értékekre áll vissza az MS. Az MS értékekkel leginkább azonos tendenciát mutató elem a málláskísérők közül a kálium, a szint felső részén emelkedés, majd



---

csökkenés figyelhető meg az értékeiben. Ellenben a másik két málláskísérő elem, a mangán és a vas értékei a szint tetején található ingadozásoktól eltekintve viszonylag állandó, magas értékekkel jelentkeznek. A mállásérzékeny elemek közül a kalcium szinte csak „nyomokban” fordul elő, a magnézium lassú csökkenő tendenciát mutat, ellenben a nátrium értékeinek az alakulása ebben a rétegben már inkább a mállást kísérő elemekhez hasonló, felhalmozódása a többi málláskísérő elem nagy koncentrációjának következménye lehet (Bohn, et al., 1985).

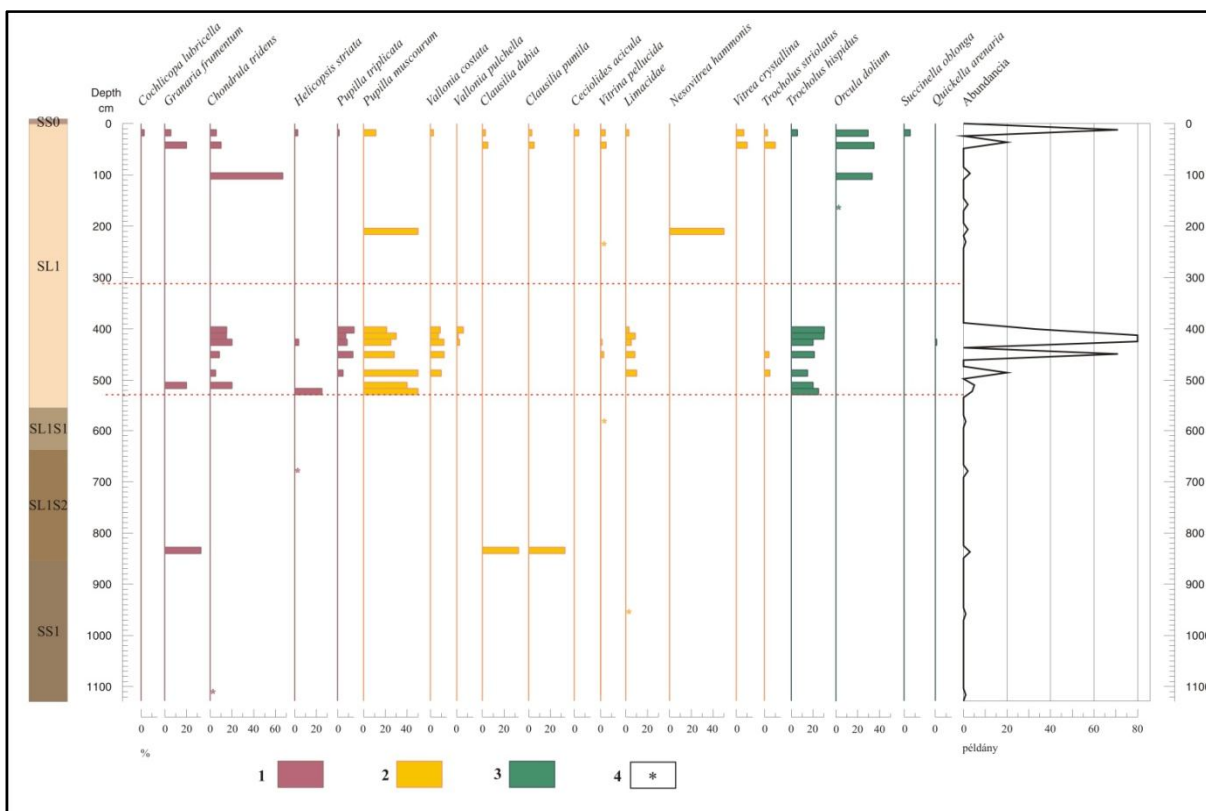
A szelvény alján található SS1 paleotalaj rétegben az MS értékek két nagyobb csúcspontot érnek el. Az elsőt folyamatos növekedés után 950 cm magasságában, 140 körüli csúccsal, majd egy kisebb visszaesés után erőteljes növekedéssel a réteg alsó részén 170-180 körüli értékek láthatók, ami a szelvényben mért legmagasabb érték. A magas értékekért a szelvényre ható intenzív mállási folyamatok tehetők felelőssé. Az MS értékekhez hasonlóan a kálium is a réteg alján maximalizálódik, kb. 600 mg/kg mennyiségben. A mangán és a vas lefutása az SL1S2 rétegben felvett trendet követi, szinte állandó értékekkel jelentkeznek a teljes rétegben. A vastartalom maximuma is itt található, extrém magas, 10.000 mg/kg mennyiségben, ami a teljes szárazanyag tartalom 1%-a. A mállásérzékeny kalcium és magnézium értékei igen alacsonyak, legfőképp a kalcium értékek, melyek akár 1000 mg/kg mennyiség alá is csökkennek. A magnézium 4000 mg/kg mennyisége a jól fejlett paleotalajokban átlagosnak mondható (4. ábra, 10. ábra). A nátrium növekedése a réteg közepén éri el a maximumát, onnantól pedig folyamatos csökkenés jellemzi a lefutását.

#### 4.3.4. A szelvény malakológiai vizsgálatának eredményei

A Szálka, strand lösz-paleotalaj szelvény 94 mintájából 20 szárazföldi csigafaj 400 db határozásra alkalmas héja került elő. A meglepően alacsony egyedszám, és az ehhez tartozó eloszlási adatok azt mutatják, hogy a szelvényben mindösszesen 18 minta tartalmazott határozásra alkalmas csigahéjakat, a többség azonban így is csak néhány darabot. Az előző két szelvénnel szemben itt éppen az alacsony egyedszám és az előnytelen eloszlás miatt nem lehetséges egyértelmű malakológiai horizontok kijelölése, azonban a szelvény malakofaunáját így is három részben érdemes tárgyalni (17. és 18. ábra).

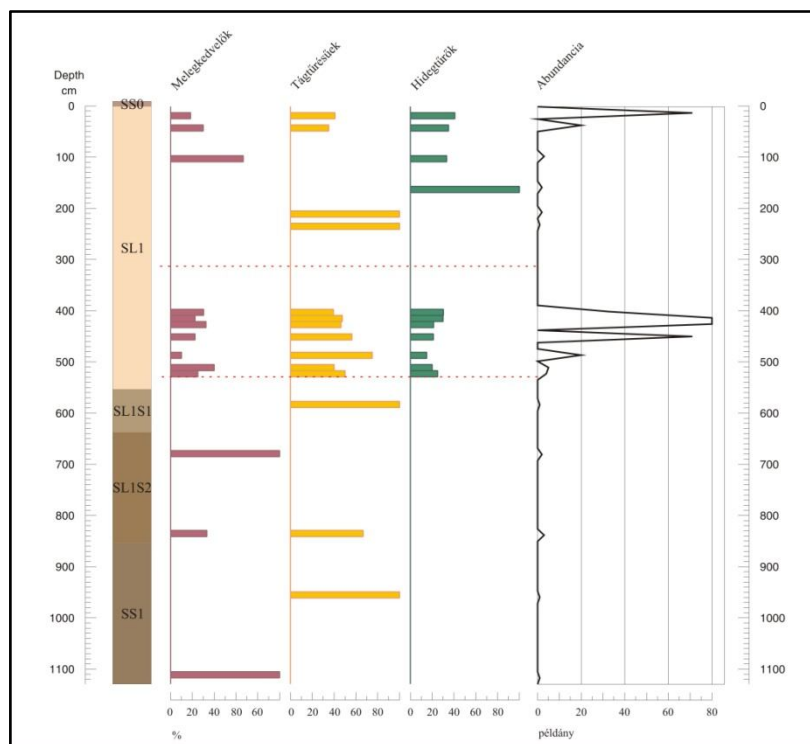
Az első feltételezett malakológiai horizont a szelvény aljától 528 centiméterig jelölhető ki, meglehetősen sporadikus héjtartalommal rendelkezik. Litológiailag magába foglalja az SS1, SL1S2 és SL1S1 paleotalajokat. A horizontban csak melegkedvelő és tágtűrésű fajok találhatóak, így feltételezhetően enyhe klímaviszonyok uralkodtak ebben a horizontban. A melegkedvelő *Granaria frumentum*, *Chondrula tridens* és *Helicopsis striata* egyaránt a nyílt vegetációt részesíti előnyben, ezzel szemben a tágtűrésű *Clausilia pumila*, *Clausilia dubia* és *Limax* fajok inkább zárt vegetációt kedvelnek. Mivel a horizont mintáinak a héjtartama

javarészt sporadikus, így azt a következtetést lehet levonni, hogy a horizont egy enyhe klímaviszonyokkal, valamint vegyes nyílt és zárt vegetációs területetekkel jellemezhető.



17. ábra – A szálkai lösz-paleotalaj szelvény fajszintű malakológiai vizsgálatának eredményei: dominancia és abundancia viszonyok, feltételezett malakológiai horizontok (a fajok ökológiai csoportjai: 1. melegkedvelő fajok, 2. mezofil fajok, 3. hidegtűrő fajok, 4. sporadikus héjtartalom)

A második horizont hozzávetőlegesen 528 cm és 312 cm között húzható meg. A legfontosabb változás az előző horizonthoz képest a hidegtűrő fajok (*Trochulus hispidus*, *Quickella arenaria*) megjelenése, és úgy általában a fajszám megnövekedése. A horizont teljes egészében az SL1 löszrétegben található. A hidegtűrő fajok megjelenése az első horizonthoz képest hűvösebb klímaviszonyokat jelöl, de a melegkedvelő fajok jelenléte miatt nem lehetett olyan jelentős mértékű a lehűlés. A melegkedvelők között a *G. frumentum*, *C. tridens* és *H. striata* mellett megjelent az ugyancsak nyílt vegetációt kedvelő *Pupilla triplicata* is. A tágtűrűsűek között megjelent a szintén nyílt vegetációt kedvelő *Pupilla muscorum*, *Vallonia costata*, valamint a *Vallonia pulchella*, ami a melegkedvelőkkel együtt a nyílt vegetáció előretörését mutatja. A *T. hispidus* és *Limax* fajok jelenléte viszont azt jelzi, hogy az erdőfoltok, fák, bokrok nem tűntek el teljesen a dombokról. A horizont felső részén a magasabb páratartalmat kedvelő fajok (*T. hispidus*, *Q. arenaria*, *V. pulchella*) aránya megnövekedett. Ez a jelenség általánosságban magasabb páratartalomra utal, ami a klíma csapadékosabbá válásával és a vegetáció kicserélődésével magyarázható.

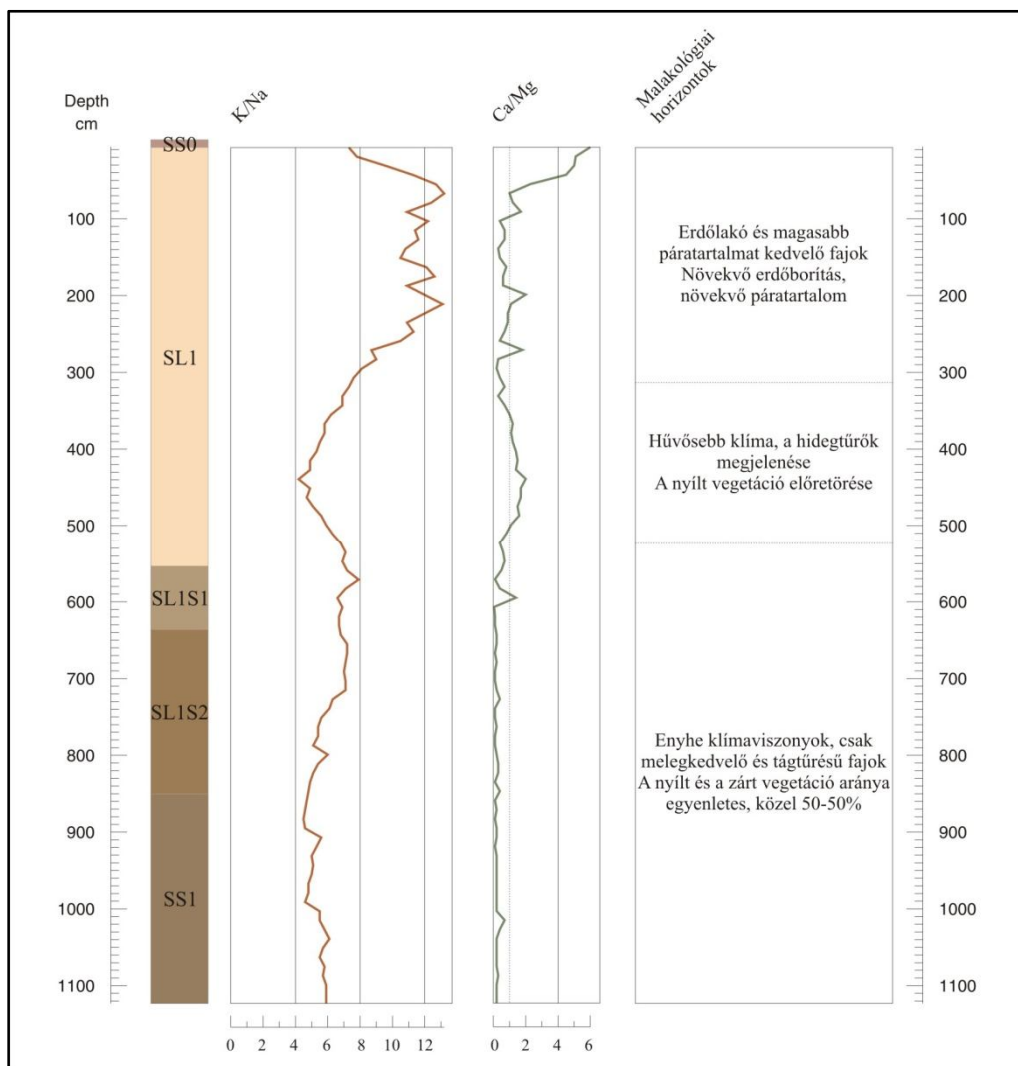


18. ábra – A szálkai lösz-paleotalaj szelvény csigafaunájának hőmérsékleti igény szerinti csoportosítása; dominancia és abundancia viszonyok, feltételezett malakológiai horizontok

A harmadik malakológiai horizont 312 centimétertől a szelvény tetejéig, az SS0 recens talajszintig húzódik, az SL1 löszréteg felső részét lefedve. A hűvösebb klíma itt is megmarad, faji szinten azonban több jelentős változás is megfigyelhető. A horizont alsó részén eltűnnek a melegkedvelők és a hidegtűrők, mezofil, túlnyomórészt nyílt vegetációt kedvelő fajok (*P. muscorum*, *Nesovitrea hammonis*, *Vitrina pellucida*) a faunaalkotók. Ez a tendencia azonban a horizont felső részén megváltozik. Visszatérnek a melegkedvelők és a hidegtűrők, valamint a horizont legfelső részén számos tágtűrűsű faj is. A melegkedvelők közül továbbra is a nyílt vegetációt kedvelő fajok jelentkeznek, de a horizont felső részében megjelenik a szintén száraz, nyílt vegetációt kedvelő *Cochlicopa lubricella* is. A tágtűrűsűek között visszatérnek az erdőlakó *C. dubia* és *C. pumila* fajok, és megjelenik a magasabb páratartalmat kedvelő *Vitrea crystallina* is. A legszembevetőbb változás a hidegtűrők közt történt, ugyanis igen jelentős dominanciával új faj, a nedves erdőket kedvelő *Orcula dolium* jelent meg, ugyanakkor a *T. hispidus*, a horizont legfelső részét kivéve, eltűnt. Továbbá megjelent a nyílt, de nedves vegetációt kedvelő *Succinella oblonga* is. Látható a magasabb páratartalmat kedvelő fajok arányának növekedése a horizontban, valamint a nyílt és a zárt vegetációt kedvelő fajok közel azonos eloszlása. Ebből arra lehet következtetni, hogy a vizsgált területen ebben az időhorizontban fokozatos páratartalom növekedéssel egybekötött erdősülési folyamat játszódott le, de ez az erdőborítás nem volt teljes, több helyen, főképp a szárazabb, kitettebb helyeken továbbra is a nyílt vegetáció maradt a meghatározó.

#### 4.3.5. A vizsgálati eredmények összegzése

A száalkai strand mellett kialakított lösz-paleotalaj szelvényen végzett vizsgálatok eredményeit az eddigiekhez hasonlóan érdemes két részben tárgyalni. Az üledéktani vizsgálatok eredményei alapján a szelvény teljes egésze kevéssé, de inkább erősen mállott. A szervesanyag és karbonáttartalom értékek az SL1S1, SL1S2 és SS2 paleotalaj rétegekben alacsony, közel konstans értéket mutatnak, ami erős mállásra utalhat ezekben a rétegekben. E megállapítás és az elemtartalom változásai alapján a szelvényben mért K/Na hányadosnak (19. ábra) legalábbis igen jelentős nagyságúnak, akár 15-20-nak kellene lennie (Hum, 1998).



19. ábra – A Szálka, strand szelvény geokémiai és malakológiai eredményei

Ezzel szemben csak az SL1 löszréteg felső részén, kb. 80-300 cm között mérhető magas hányados (10-13), ami a löszökben igen magasnak számít, összevetve a két előző szelvény löszrétegeinek ugyanezen hányadosaival (4-6 körüli értékek). A szelvényben lejjebb haladva azonban felborul a feltételezett trend, ugyanis a K/Na hányados értékei az SL1 réteg alsó részén tapasztalható erőteljes csökkenés után 4 és 8 közötti értékeken állandósulnak a szelvényben. Ezzel szemben a Ca/Mg hányados egyértelműen a kalcium alárendelt szerepét

---

mutatja a szelvényben, ugyanis az SL1 réteg felső és alsó részétől eltekintve mindenhol 1 alatti a hányados értéke, ami azt jelenti, hogy a szelvényben kevesebb a kalcium, mint a magnézium. A K/Na hányadossal összevetve a Ca/Mg hányadost kétségesnek tűnik a mállottság egyértelmű bizonyítása, így inkább a két elem közti szelektív oldódási folyamatra lehet következtetni, azaz a kalcium beoldódott, míg a magnézium többsége helyben maradt. A két görbe közti fordított arányosság csak a szelvény tetején és 300-500 cm között érzékelhető, a szelvény többi részén a két görbe lefutása független egymástól. A paleotalaj rétegek jelentős mállottsága talán a hozzájuk tartozó malakológiai horizontban rekonstruált enyhébb klímaviszonyoknak tulajdonítható (Cresser et al., 1993; Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2000; Kabata-Pendias, 2001).

Az erőteljes mállottság miatt a szelvény malakológiai anyaga erősen gyérnek mondható, de az így rekonstruált dominancia viszonyokból is fontos következtetéseket lehetett levonni a vizsgált időtartam környezeti- és klimatikus viszonyairól. Ami egyértelműen látszik az az, hogy a vizsgált területen nem volt számottevő lehűlés, ugyanis a szelvényből nem kerültek elő hidegkedvelő fajok. Természetesen hidegtűrő fajokból több is megtalálható a szelvényben, így a klímaviszonyokban kisebb lehűlési hullámok lehettek. Mindemellett a különféle fajok eloszlása alapján 3 malakológiai horizontot lehetett elkülöníteni. A legérdekesebb a második horizont és a K/Na, Ca/Mg hányadosok viszonya. A második horizontban hűvösebb klímaviszonyokat mutatnak a dominancia viszonyok, és a két hányados grafikonja is a löszökben mérhető „normál” értékekhez közelít. Ezért elmondható, hogy az áltagnál melegebb klímaviszonyok hatására alakulhattak ki a vastag, mállott szintek a szelvényben. Az áltagnál melegebb mikroklíma oka pedig a szelvény földrajzi helyzetében keresendő, ugyanis – hasonlóan a villánykövesdi szelvényhez – egy kelet-nyugat irányú keskeny völgy déli kitettségű lejtőjén található (2. és 14. ábra), habár a szátkai szelvény esetében észak felől domborzatilag jobban védett.

#### ***4.4. Atyavár (Šarengard) II lösz-paleotalaj szelvény***

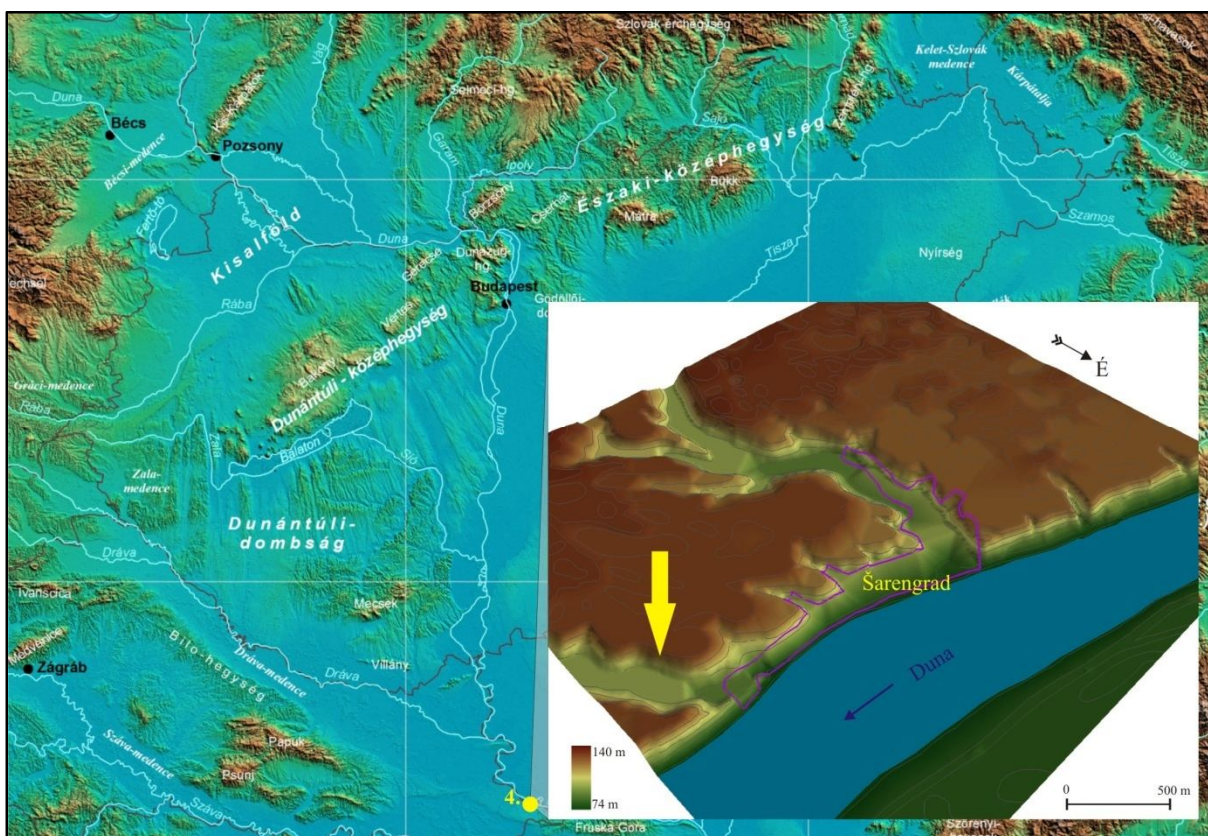
Az Atyavár (Šarengard) községtől keletre található lösz-paleotalaj szelvény megmintázására 2008 tavaszán került sor a horvát-magyar TÉT keretein belül. A cél a kelet-horvátországi negyedidőszaki képződmények előzetes, felmérő jellegű malakológiai vizsgálata volt. Éppen ezért a szelvény megmintázásakor alkalmazott mintaköz 25 centiméter volt. Ez eltér az eddig bemutatott magyarországi szelvények mintaközétől, de még így is belül van a finomrétegtani mintavétel határain (Krolopp, 1983), így környezetrekonstrukciós és korrelációs vizsgálatokra kiválóan alkalmas, igaz, nagyobb felbontásban. A szelvény elnevezése arra utal, hogy a



település környékén korábban már kialakítottak egy szelvényt, amiből azonban nem történt malakológiai mintagyűjtés.

#### 4.4.1. A vizsgált szelvény elhelyezkedése

Az atyavári (šarengradi) szelvény egy DK-ÉNy irányú völgy ÉK-re néző oldalán lett kialakítva (20. ábra). A fal mintegy 23 méter magas, de ennek mindösszesen egy 13 méteres szakaszából történt mintavétel. A mintákon malakológiai vizsgálat, szervesanyag és karbonáttartalom meghatározás, szemcseösszetételi, MS és geokémiai főelem vizsgálatok történtek.



20. ábra – Az Atyavár (Šarengrad) II szelvény elhelyezkedése a Kárpát-medencében és a szűkebb környezetében (a szelvény helyét a sárga nyíl jelöli)

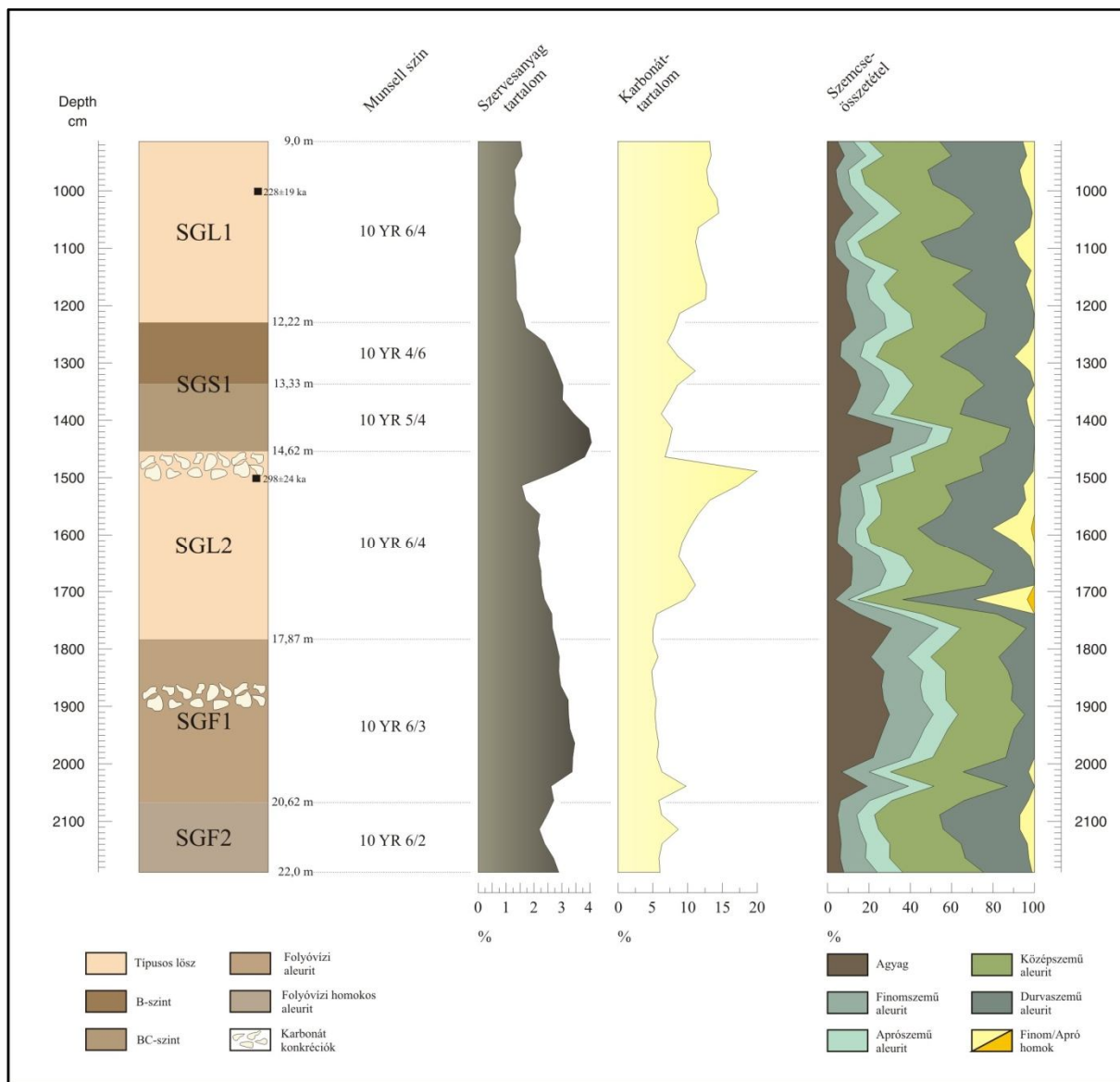
A szelvény környezetében művelt kertek és szőlők találhatók, valamint a felhagyott művelt területeken egy kevert fás vegetáció alakult ki. Ezekben a másodlagos erdőkben a pontikus elterjedésű *Pomatias rivulare*, valamint atlanto-mediterrán elterjedésű *Pomatias elegans* több fosszilis és recens héja került elő. Ez az első alkalom, hogy e két fajt egy helyen találták meg Horvátország al-dunai területén.

#### 4.4.2. A szelvény litológiai leírása

A megmintázott lösz-paleotalaj szelvény mintegy 23 méter magasságú, a Dunától mindössze néhány száz méterre helyezkedik el. A szelvényben öt litológiai horizont elhatárolása történt



meg. A litológiai horizontok leírásához a kínai löszszelvényeken alkalmazott jelöléseket alkalmaztuk (Kukla, 1987; An et al., 1990; Ding et al., 2005; Gibbard & Cohen, 2008; Marković et al., 2008), kiegészítve a lelőhely „SG” betűjével (21. ábra), a fluviális eredetű rétegeket pedig „F” betűvel láttuk el.



21. ábra – Az Atyavár (Šarengrad) II lösz-paleotalaj szelvény litológiai leírása, szervesanyag és karbonáttartalom, valamint szemcseösszetételi eredményei

Az atyavári (šarengradi) szelvény fekü rétegét 22 méterig sötét sárga, fossziliamentes, gyengén karbonátos folyóvízi finom- és aprószemű homok alkotja. Ebből a horizontból nem történt mintavétel. Ezen egység felett 22 és 20,62 méter között egy világos barnásszürke (10YR 6/2), fossziliamentes, fluviális eredetű homokos-kőzetlisztes horizont található. Jelölése az alkalmazott terminológia alapján SGF2. A fluviális eredetű réteg felett 20,62 m és 17,87 m között egy szintén fluviális eredetű, szórványos fossziliatartalmú, halványbarna (10YR 6/3) színű agyagos-kőzetlisztes horizont húzódik karbonát és vaskonkréciókkal. Habár

---

ez a réteg is folyóvízi eredetű, de a szemcseösszetétele miatt csökkent mozgási energia mellett ülepedett le, jelölése SGF1.

A folyóvízi összletekre 17,87 és 14,73 méter között világos sárgásbarna (10YR 6/4) színű infúziós löszréteg, pontosabban ártéri durva kőzetlisztben gazdag üledék (Sümegei et al., 2014) rakódott. Fosszília tartalma jelentős, de túlnyomórészt vízi fajok találhatók benne. Jelölése a fentiek alapján SGL2. A réteg felső részén 15 méter magasságában található a szelvény egyik post-IR IRSL koradata, ami  $298.000 \pm 24.000$  cal BP évnak adódott (Wacha et al., 2013). Az SGL2 réteg felett egy 240 centiméter vastagságú, jól fejlett paleotalaj komplexum alakult ki 14,73 m és 12,2 m között. A komplexum egy sötét sárgásbarna (10YR 4/6) színű B, egy sárgásbarna (10YR 5/4) színű BC és egy karbonát akkumulációs horizontot foglal magába. Jelölése SGS1, fosszília tartalma alacsony. Erre a rétegre 8 méter vastagságú löszös üledék települt, melynek csak az alsó 3 méterét sikerült megmintázni. Jelentős fosszília tartalmú, világos sárgásbarna (10YR 6/4) színű, homogén száraz térszíni löszréteg. Jelölése – mivel a megmintázott szelvénytörzszakasz felső löszrétege – SGL1 lett. Ez a réteg tartalmazza a szelvényünk második post-IR IRSL koradatát 10 méteres magasságban, ami itt  $228.000 \pm 19.000$  cal BP évnak adódott.

#### *4.4.3. A szelvény üledéktani elemzéseinek eredményei*

Az Atyavár (Šarengrad) II lösz-paleotalaj szelvényből vett 52 db üledékmintából elvégzett vizsgálatok eredményeit a korábbiakhoz hasonlóan három fő részre oszthatjuk. Az elemzés az előző részben bemutatott sztratigráfiai egységek szerint halad.

#### Szervesanyag és karbonáttartalom

Az atyavári (šarengradi) szelvény legfelső, SGL1 löszréteg mintegy 320 centiméterén a szervesanyag tartalom 1,5% körül mozgott, ami a tipikus löszök esetében nem szembetűnő (21. ábra). A karbonáttartalom értékek a réteg felső és középső szakaszában 12-15% körül alakulnak, ami szintén a tipikus löszökre jellemző mennyiség. A réteg alján a szervesanyag tartalom enyhe növekedése (2% körül) mellett a karbonáttartalomban csökkenés tapasztalható, az SGL1 réteg legalján már csak 8% körüli értékek jelentkeztek. Ez a változás mintegy bevezeti a következő, talajosodott szintet.

Az SGS1 paleotalaj rétegben a szervesanyag mennyisége növekvő tendenciát mutat, a réteg alján a kezdeti 2% körüli értékek a szelvényben mérhető legmagasabb mennyiségeket mutatják, 4% körüli értékeket. Ez egyértelműen a talajképző hatásoknak köszönhető, ahogyan a karbonáttartalom csökkenő mennyisége is. Az SGL1 réteg alján mért 8% körüli értékek ebben a rétegben is jelentkeznek, de megfigyelhető egy kismértékű dúsulás a paleotalaj réteg

---

B és BC szintje között, ami a B szintben lejátszódó dekarbonizációs (Dokuchaev, 1879; Ding et al., 2001) hatások hozadéka lehet.

A szervesanyag értékek hirtelen csökkenése, majd fokozatos emelkedése figyelhető meg az SGL2 rétegben is. A réteg felső részén (15,2 m körül) a szervesanyag tartalom 1,5% körüli értékekre esik vissza, majd a réteg aljáig folyamatosan növekedve 2,8%-on zár. Ez a növekedés a löszös üledékek esetén a megnövekedett mállásnak tudható be, ami a melegebb, csapadékosabb klíma és/vagy a növekvő növényborítottság miatt alakult ki. A karbonáttartalomban a villánykövesdi szelvénynél is megjelenő karbonát akkumulációs horizont kialakulása figyelhető meg, közvetlen az SGL2 réteg legfelső részén. Ez az akkumulációs horizont adja a szelvényben mérhető legmagasabb karbonát értékeket, amelyek megközelítik a 20%-ot is. Az akkumulációs horizontot elhagyva, a szervesanyag növekedésével párhuzamosan, a karbonáttartalom csökkenő tendenciát mutat, a réteg alján jelentős csökkenéssel 5% körül alakul.

Az SGF1 fluviális réteget elérve az előző rétegben tapasztalható szervesanyag dúsulás itt is folytatódik, aminek az eredményeképp 20 méter környékén már 3,5%-os szervesanyag tartalmat mérhetünk. A feldúsulás oka az álló, részben mozgó vízi környezetben akkumulálódó üledék magas szervesanyag tartalmában keresendő. A réteg alján a szervesanyag tartalom csökkenése tapasztalható, mely a vízzel fedett terület dinamikai viszonyainak megváltozását jelentheti, azaz intenzívebb áramlási sebesség jelenlétét a rendszerben. Az SGF1 réteg karbonáttartalma az SGL2 réteg alján beállt 5% körüli értékeken alakul, de a szervesanyag csökkenéssel egy időben a réteg alján egy 10% körüli kisebb akkumuláció figyelhető meg a karbonát értékekben.

A szelvény legalsó rétege az SGF2 fluviális réteg, mintegy 140 cm vastagságban. A szervesanyag tartalom a rétegben tartósan 3% alatt marad, ami alacsonyabb, mint az SGF1 réteg esetében, ami a fentebb említett magasabb áramlási sebességre utalhat. Emellett a karbonáttartalom értékekben is megfigyelhető egy újabb akkumulációs horizont, majd a réteg alsó részén ismét növekvő szervesanyag értékek hatására a karbonát értékek 5% körül állandósulnak. A réteg aljában talán az áramlási sebesség csökkenése miatt jelentősebb szervesanyag tartalmú üledékek rakódhattak le.

#### Szemcseösszetétel

A szemcseösszetétel alapján az atyavári (šarengradi) szelvény két részre osztható: az eolikus és a fluviális képződési környezettel jellemezhető üledékképződésre (21. ábra). Az első környezethez az SGL1, SGS1 rétegek és az SGL2 réteg felső, 15,5 méternél sekélyebb

---

szakasza tartozik. Fluviális eredetű az SGL2 réteg 15,5 méternél mélyebb része, valamint az SGF1 és SGF2 rétegek.

Az eolikus divízió SGL1 rétegében a löszökre jellemző alacsony agyagtartalom ( $<3,9\ \mu\text{m}$ ), valamint magas középszemű ( $16\text{--}32\ \mu\text{m}$ ) és durva ( $32\text{--}63,5\ \mu\text{m}$ ) kőzetliszt a jellemzők (Smalley & O'Hara-Dhand, 2012). Az agyagtartalom csak a réteg alján éri el a 10%-os részarányt, ami a szervesanyag tartalom növekedésével összefüggésben a talajképző folyamatok jelenlétére utal. Emellett a rétegben végig nyomon követhető a finomhomok frakció ( $63,5\text{--}125\ \mu\text{m}$ ), átlagban 5% körüli részaránnyal, ami az erőteljesebb légmozgást jelzi az üledékakkumuláció során (Pye, 1995).

Az SGS1 paleotalaj rétegben az agyagtartalom növekedése kisebb megszakításokkal folytatódik, ami a pedogenetikus hatások és a feltételezett enyhe klíma miatti erősebb mállás eredménye. A legmagasabb agyagtartalom 35% körüli. A durva kőzetliszt frakció aránya az agyagmaximum szintjében lecsökken, bizonyítva az egykori intenzív mállási folyamatok jelenlétét. A finomhomok frakció az SGS1 rétegben is jelen van, csupán a réteg alján található agyagmaximum szintjében tűnik el, talán szintén a mállás hatására. A homoktartalom mennyisége továbbra is élénk akkumulációs energiaviszonyokat feltételez.

Az SGL2 löszréteg felső, eolikus részén a csökkenő agyagtartalom mellett visszaáll a tipikus löszökre jellemző szemcseösszetétel. Lefelé haladva a fluviális részén a rétegnek fokozatosan növekvő finomhomok tartalom figyelhető meg, mely 15,8 méter környékén csúcsosodik ki, 20%-os részaránnyal, valamint az apróhomok ( $125\text{--}250\ \mu\text{m}$ ) frakció megjelenésével. Ez igen intenzív áramlási viszonyokat feltételez a löszös üledékek képződésekor, de mivel nem permanens a homok ilyen nagyarányú jelenléte, így elképzelhető, hogy ezek a mozgalmass viszonyok csak viszonylag rövid ideig álltak fenn. Egy másik nagyarányú szemcseméret növekedési horizont látható kb. 17,2 méternél, mely jóval magasabb homok arányt mutat az előzőnél. A finomhomok frakció aránya itt eléri a 30%-ot, az apróhomok pedig az 5%-ot. Rövid ideig tartó esemény lehetett, ugyanis a homokfrakció nagy aránya csak egyetlen mintára korlátozódik. A fluviális rész agyagtartalma alacsony, 8% körüli, de a réteg alsó részében intenzív növekedésbe kezd és kb. 30%-kal lép át a következő rétegbe.

Az SGF1 fluviális réteg szemcseösszetétele merőben más képet mutat, mint az előző rétegé. A homokfrakció szinte a teljes rétegből hiányzik, ellenben az agyagtartalom részaránya meglehetősen magas, 20-24% körüli. A homokfrakció hiánya mellett a durva kőzetliszt frakció aránya is meglehetősen alacsony, a legmagasabb részaránnyal pedig a középszemű kőzetliszt jelentkezik a réteg túlnyomó részén. A szemcseösszetétel alapján az SGF1 réteg felső hányadát alkotó üledék, kb. 20 méterig, nyugodt, lassú folyású vagy állóvízi környezetben rakódott le. A réteg alsó részén az áramlási viszonyok megváltozásáról

---

tanúskodnak a szemcseösszetételi adatok, két lépcsőben jelentős agyagtartalom csökkenés, ezzel párhuzamosan pedig a durva kőzetliszt és a finomhomok frakciók arányának a növekedése figyelhető meg. A változások intenzívebb áramlási viszonyokat jelölnek, de az energiaviszonyok mégsem voltak olyan magasak, mint az SGL2 réteg két horizontjában.

A szelvény megmintázott részének legalsó rétege az SGF2 fluviális réteg. A szemcseösszetétel alapján a réteg üledékei nagyobb mozgási energiaviszonyok közt rakódtak le. Az agyagtartalom permanensen alacsony, 5-6% körül mozog, a finomszemű (3,9-8  $\mu\text{m}$ ) és aprószemű (8-16  $\mu\text{m}$ ) kőzetliszt frakciók aránya sem éri el a 30%-ot. A legjelentősebb részarányal rendelkező frakciók a középszemű (16-32  $\mu\text{m}$ ) és a durva (32-63,5  $\mu\text{m}$ ) kőzetliszt, valamint újra megjelenik a finomhomok frakció, akár 10%-os részarányal. A legintenzívebb áramlási viszonyok kb. 21 méternél jelentkeznek, lejjebb haladva a szelvényen kismértékű csökkenés tapasztalható az energiaviszonyok tekintetében.

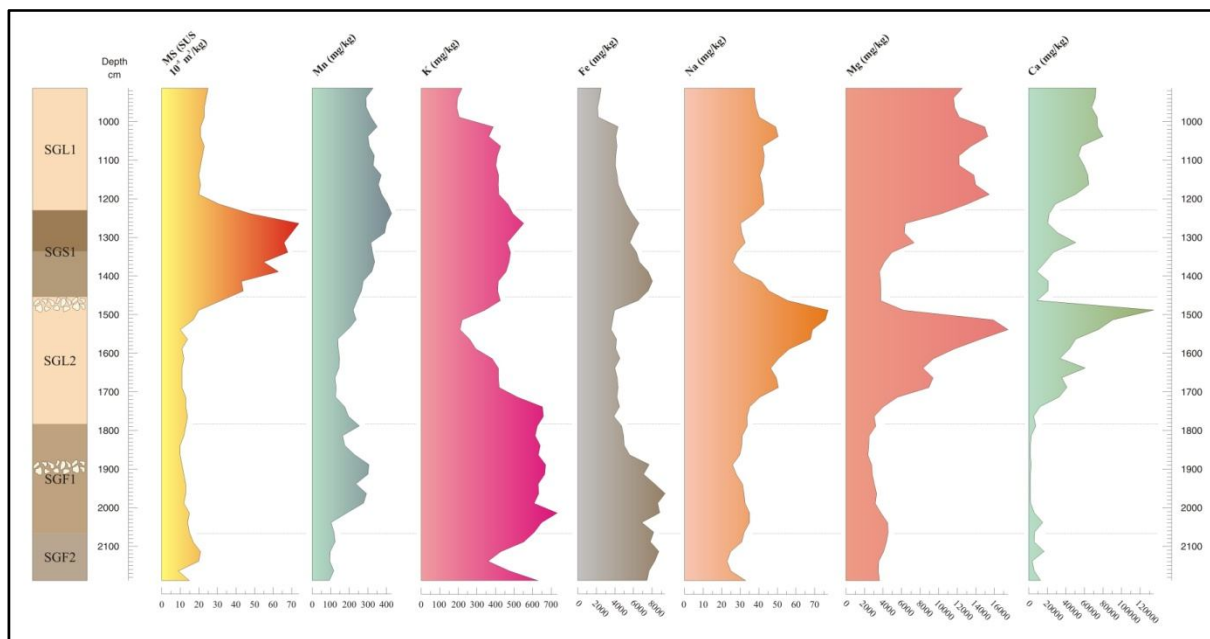
#### Mágneses szuszeptibilitás és geokémiai főelem vizsgálat

A szelvény megmintázott részének legfelső, SGL1 rétegében az MS értékek javarészt 20 és 25 körül mozognak (22. ábra), ami a tipikus löszökre jellemző érték. A réteg alján viszont – ahogyan a szervesanyag értékek is – emelkedő tendenciát mutatnak az MS értékek, bevezetve az SGL1 réteg alatt elhelyezkedő paleotalajt. A geokémiai elemösszetétel azonban korántsem ilyen egyöntetű, a mállást kísérő mangán, kálium és vas (Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2000) mennyisége az alacsony MS értékek ellenére magasnak mondható, ami a mállási folyamatok megélénkülésére utal. A mangán lassú, több szakaszos növekedéssel 300 mg/kg mennyiségről a réteg aljára 400 mg/kg mennyiségűre növekszik. A réteg alján lévő magas értékek az SGS1 paleotalaj réteghez köthetők.

Az SGL1 rétegben a kálium és a vas értékek esetén is növekedés tapasztalható, de ezen elemek esetében egy hirtelen növekedési lépcső jelentkezik 10 méter környékén, majd lejjebb haladva ezek a magasabb értékek stabilizálódnak. A hirtelen növekedés gyakorlatilag megduplázza az addigi koncentrációkat, így intenzívebb mállási folyamatokra, esetlegesen az erőteljesebb növényborítottságra lehet gyanakodni. A mállásérzékeny magnézium és kalcium, valamint a nátrium esetében az előbb leírt mállás nem volt észlelhető, mindhárom elem koncentrációja nem változott számottevően 10 métertől a réteg legaljáig, ahol viszont csökkenő tendenciát lehet felfedezni a pedogenezis miatt. A rétegben tehát tényleges pedogenezis csak a legalsó régióban játszódhatott le.

Az SGS1 paleotalaj réteg MS értékei a szelvényben mért legmagasabbak, 80 körüliek, ami a jól fejlett paleotalaj rétegekhez képest alacsonynak mondható (4., 10. és 16. ábra). A mállást kísérők közül a mangán legmagasabb értékei a B szintben jelentkeznek, ahogyan egy kisebb

kálium és vas csúcs is, de a vastartalom a BC szintben magasabb, mint a B szintben. A mállásérzékeny elemek jelentős, a kálium kismértékű koncentrációvesztést szenvednek el ebben a rétegben, a pedogenezis hatására történő dekarbonizációs folyamatok (Dokuchaev, 1879; Ding et al., 2001) miatt. Ahogyan a karbonáttartalomban is, itt is megfigyelhető egy kisebb akkumulációs horizont a B és a BC szint határfelületén a kalcium, a magnézium és a nátrium esetében.



22. ábra – Az atyavári (šarengradi) lösz-paleotalaj szelvény MS és geokémiai főelem vizsgálatának eredményei

Az SGL2 löszrétegben az MS értékek 10-12 körüli értékeken stabilizálódnak, jelezve, hogy pedogenetikus hatások nem érték ezt a réteget. A mállást kísérők közül a mangán és a vas viszonylag egyenletes, alacsony értékre (150 mg/kg, ill. 4000 mg/kg) állnak be, a kálium viszont egy erőteljes csökkenés után (200 mg/kg, mint az SGL1 réteg felső részében) folytonos növekedéssel a réteg alján már 600 mg/kg koncentrációval jelentkezik. Az SGL2 réteg 15,5 méternél mélyebb szakasza már fluviális hatásokat is szenvedett, a megnövekvő szervesanyag tartalom mellett a kálium tartalom is megnövekedett, talán a megnövekedett nedvesség hatására dúsuló növényzeti borítás miatt. A réteg felső részén a mállásérzékeny elemek akkumulációs horizontja látható, ahogyan ez a karbonáttartalom alakulásában is megfigyelhető volt. A jól fejlett paleotalajok esetén a dekarbonizáció során beoldódott karbonát-alkotó elemek a talaj C szintjében tömegesen kicsapódnak, masszív akkumulációs horizontot hozva létre a paleotalaj alatt. Az akkumulációs horizonttól lefelé haladva folyamatos csökkenés figyelhető meg a mállásérzékeny elemkoncentrációkban, ami a vízborítással és a szervesanyagban dús üledékkel magyarázható. Egy kiugró csúcs látható



---

még a koncentrációs görbékben, 17 méter környéken. Ez a szint a szemcseösszetétellel összevetve az erőteljes homokbetelepülés környékére tehető.

Az SGF1 fluvialis réteg agyagos-közetlisztes összetételében az MS értékek az SGL2 rétegben tapasztalt 10-15 körüli értékeken mozognak, ami továbbra sem jelez pedogenetikus jelenségeket a rétegben. Ezzel szemben a málláskísérő elemek koncentrációiban, de különösen a kálium koncentrációjában erőteljes növekedés figyelhető meg. A mangán mennyisége megduplázódik, ahogyan a vas mennyisége is (elérve a 8000 mg/kg értéket). A kálium értéke a réteg teljes magasságában 600 mg/kg fölött jelentkezik, maximumát a vassal együtt 20 méter körül jegyezhetjük, 750 mg/kg mennyiségben. A jelentős szervesanyag tartalom mellett a magas kálium és vas értékek a vízi rendszer nagymértékű növényborítását, egy mezotróf-eutróf ártéri üledék rendszert jelenthetnek (Sümegei et al., 2001; Sümegei et al., 2012a). A mállásérzékeny elemek a szelvényben mérhető legalacsonyabb átlagkoncentrációjukat mutatják az SGF1 rétegben, és ez is megerősíti a mezotróf-eutróf rendszer jelenlétét.

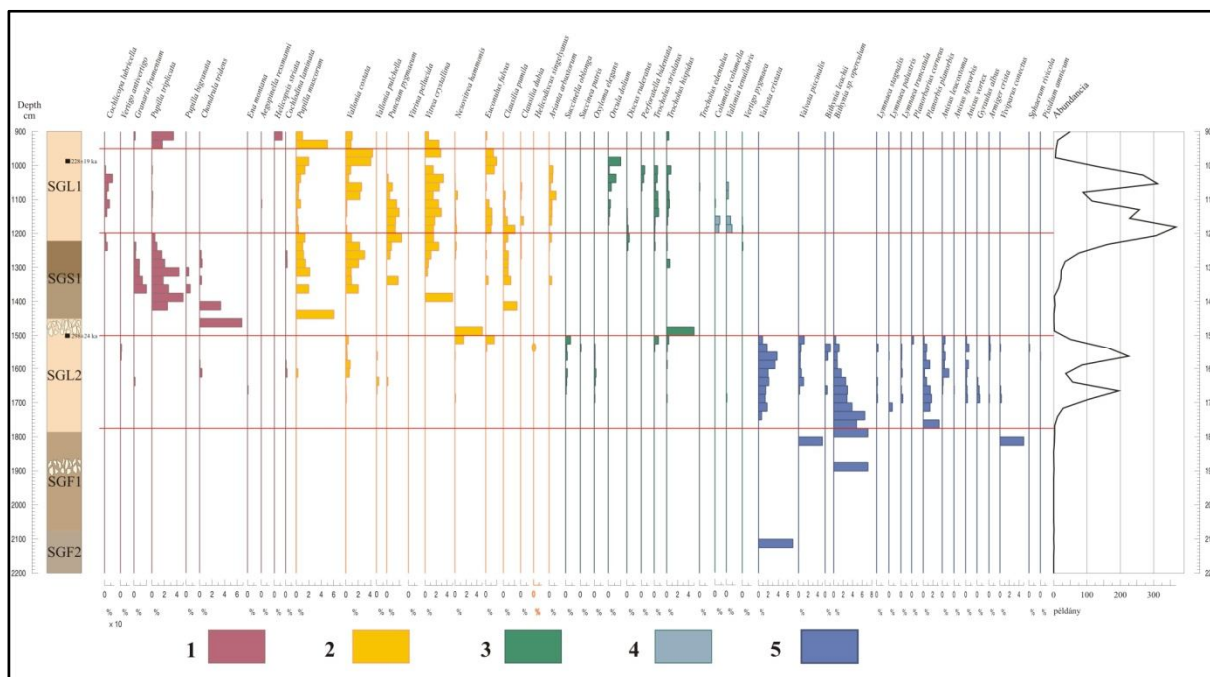
A megmintázott szelvényszakasz legalsó, szintén fluvialis eredetű, homokos-közetlisztes SGF2 rétegében az átlag MS értékek továbbra is alacsonyak maradnak, a legmagasabb értékek sem érik el a 20-at. A málláskísérő elemek közül a mangán koncentrációja csökken számottevően, 100-120 mg/kg körül alakulva. A vas koncentrációkban csak kismértékű csökkenés tapasztalható, míg a kálium jelentős csökkenés után a réteg alján ismét növekvő koncentrációval jelentkezik. A megnövekvő finomhomok mennyiségek miatt az előző rétegben rekonstruált mezotróf-eutróf állapot itt az intenzívebb vízáramlási viszonyok miatt nem alakulhatott ki. A mállásérzékeny elemek továbbra is alacsony koncentrációja azonban a folyási sebességtől eltekintve nem mutatja más típusú üledék lerakódását ebben a rétegben. A magasabb szervesanyag tartalom is ezt támasztja alá. A réteg legalsó részén a finomodó szemcseméret mellett az elemkoncentrációk alapján is elmondható, hogy az áramlási sebesség csökkenése mellett újra mezotróf-eutróf jellegű rendszer volt jelen.

#### *4.4.4. A szelvény malakológiai vizsgálatának eredményei*

Az atyavári (šarengradi) szelvény megmintázott szakaszának 52 mintájából 51 szárazföldi és édesvízi faj 3450 egyedének héjai voltak, melyeket határozás után ökológiai igényüknek megfelelően csoportokra osztottunk (23. és 24. ábra). A fajszám alapján összehasonlítva a Fruska Gora hegység környéki szerb löszszelvények malakológiai adataival elmondható, hogy az atyavári (šarengradi) szelvény a maga 51 molluszka fajával az Al-Duna legfajgazdagabb szelvénye a többi már feldolgozott szelvénnel összevetve (Marković et al., 2004, 2005, 2006,

2007). A szelvényben a dominanciaviszonyokat figyelembe véve 5 malakológiai horizontot sikerült elkülöníteni, jellemzésük a szelvény aljától felfelé történik.

Az első malakológiai horizont 22 m és 17,75 m között húzódik, jellemzően sporadikus héjtartalommal. A talált héjak kizárólag édesvízi fajokhoz tartoznak, és valószínű, hogy ez a közösség a Duna elöntését jelzi. Ezt alátámasztandó, a horizont a szelvényben az SGF1 és SGF2 fluviális rétegeket fedi le, így egyértelmű, hogy a fauna is folyóvízi eredetű lesz. Ebből a horizontból korjelző fajok nem kerültek elő, viszont a hidegkedvelő fajok hiánya enyhe klimatikus környezetre utal.



23. ábra – Az atyavári (šarengradi) lösz-paleotalaj szelvény fajszintű malakológiai vizsgálatának eredményei: dominancia és abundancia viszonyok, malakológiai horizontok abszolút koradatokkal (a fajok ökológiai csoportjai: 1. melegkedvelő fajok, 2. mezofil fajok, 3. hidegtűrő fajok, 4. hidegkedvelő fajok, 5. édesvízi fajok)

A második malakológiai horizont 17,75 m és 15 m között található, statisztikailag releváns egyedszámmal. A számos mozgóvízi faj dominanciája (*Valvata piscinalis*, *Sphaerium rivicola*, *Pisidium amnicum*) egyértelműen mozgóvízi környezetre utal. Emellett a mozgó- és állóvizet egyaránt kedvelő fajok is előkerültek (*Bithynia tentaculata*, *Valvata cristata*, *Planorbis planorbis*, *Anisus vortex*, *Anisus spirorbis*). A hidegkedvelő elemek jelenléte (*Bithynia leachii*, *Anisus leucostoma*) másodlagos volt ebben a szintben. Az első malakológiai horizonttal összehasonlítva ez a szint több melegkedvelő fajt tartalmazott (*Viviparus contectus*, *Bithynia tentaculata*, *Anisus spirorbis*, *Pisidium amnicum*), emellett több paleoökológiai környezetjelző és korjelző fajt is (Ložek, 1964; Krolopp, 1973, 1983). Az *Ena montana*, a *Helicodiscus cf. singleyanus*, a *Viviparus contectus* és a *Pisidium amnicum* együttes jelenléte arra utal, hogy a horizont a középső-pleisztocén egyik felmelegedési

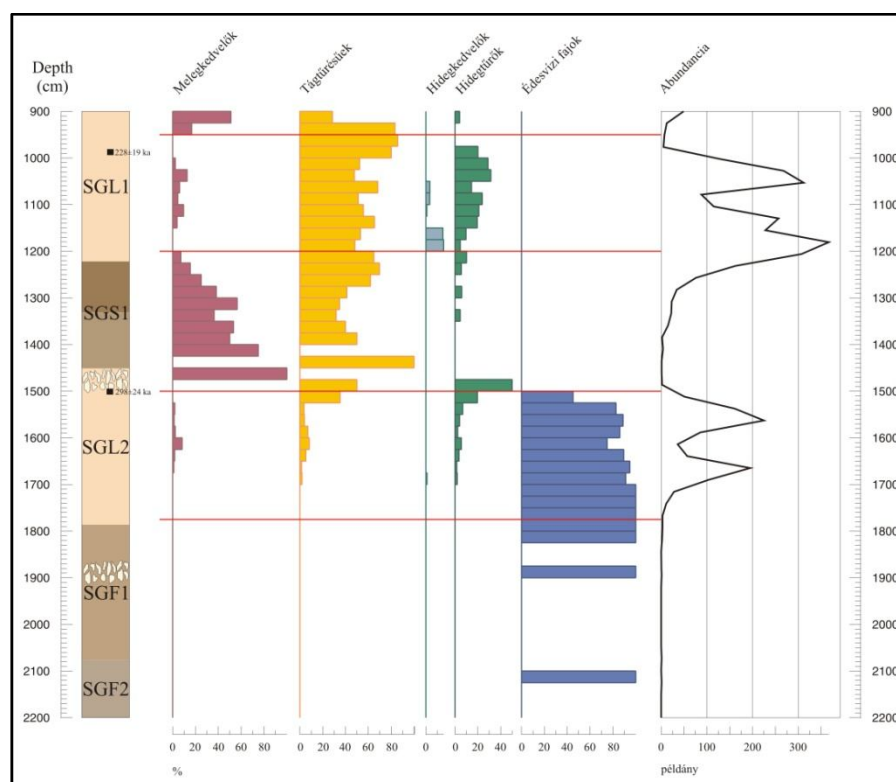
---

periódusában (interstadiális) alakult ki. Erre jól korrelál a szelvényen végzett post-IR IRSL kormeghatározás is (Wacha et al., 2013), ami 15 méteren  $298.000 \pm 24.000$  cal BP évet adott. Így ez a horizont ennél biztosan idősebb, talán az MIS 9a interstadiálist jelöli (Lisieczki & Raymo, 2005; Tzedakis et al., 2006; Gibbard & Cohen, 2008). Az édesvízi fajok mellett ebben a horizontban már megjelennek a szárazföldi fajok is, a horizont középső részétől higrofil és szubhigrofil hidegtűrő (*Succinea putris*, *Oxyloma elegans*, *Succinella oblonga*, *Trocholus hispidus*) és tágtűrésű (*Nesovitrea hammonis*, *Vallonia pulchella*) elemekkel találkozhatunk. A horizont felső részében viszont már egyre több, szárazabb környezeti kondíciót kedvelő tágtűrésű (*Pupilla muscorum*, *Vallonia costata*) és melegkedvelő (*Chondrula tridens*, *Granaria frumentum*) faj is előfordul. A szárazföldi fajok fokozatos megjelenése a csökkenő vízborítást, valamint a magasabb térszíneken már szárazabb területek kialakulását is feltételezi ebben az időszakban.

A harmadik malakológiai horizont 15 m és 12 m között húzódik, magába foglalja az SGL2 löszréteg legfelső részét, valamint az SGS1 paleotalaj komplexumot. A horizont két, egymástól elkülönülő részre osztható a dominancia viszonyok alapján. A nagyjából az SGL2 löszréteget magába foglaló részben a legszembetűnőbb változás az édesvízi fajok eltűnése, ami a vízborítás megszűnését is jelenti. A szárazföldi fajok közül továbbra is a nedvességkedvelő fajok (*T. hispidus* és *N. hammonis*) a meghatározók, így elmondható, hogy bár a vízborítás megszűnt, a hőmérséklet kissé csökkent, de a magas páratartalom megmaradt a területen, füves, fás vegetáció kíséretében. A rövid lehűlést jelentősebb felmelegedés követte, aminek hatására csökkent a porfelhalmozódás, és a pedogenetikus folyamatok váltak uralkodóvá. Ezt jelzi az SGS1 paleotalaj horizont kifejlődése is. A folyamat malakológiai háttere a nyílt vegetációt kedvelő termofil (*Granaria frumentum*, *Pupilla triplicata*, *Chondrula tridens*) és tágtűrésű (*P. muscorum*, *V. costata*) fajok, valamint a tágtűrésű erdei fajok (*Clausilia pumila*, *Clausilia dubia*, *Punctum pygmaeum*, *Vitrea crystallina*) megjelenése. Ezen indikátor elemek egy nyílt, fás vegetációt jelölnek. A hidegtűrők szinte teljesen hiányoznak ebből a horizontból. Ennek alapján feltételezhető, hogy ebben az időszakban egy komolyabb felmelegedési periódus történt (Molnár et al., 2011, 2014), ami az abszolút koradatok alapján az MIS 7e interglaciális időszakra tehető (Lisieczki & Raymo, 2005; Tzedakis et al., 2006; Gibbard & Cohen, 2008).

A negyedik malakológiai horizont 12 és 9,5 méter között található, magába foglalva az SGL1 löszréteg alsó hányadát. A horizont dominancia viszonyaiban jelentős változás állt be, ugyanis a melegkedvelő fajok fokozatos dominancia csökkenéssel a horizont alján eltűnnek. Emellett megjelennek a hidegtűrő és hidegkedvelő (*Columella columella*, *Vallonia tenuilabris*) fajok, amik egyértelműen egy lehűlési horizontot jelölnek. Több, kimondottan erdei faj (*C. dubia*, *C.*

*pumila*, *P. pygmaeum*, *V. crystallina*, *Orcula dolium*) is jelen van ebben a horizontban, de a nyílt vegetációt kedvelők (*Cochlicopa lubricella*, *P. muscorum*, *V. costata*) aránya is jelentős marad. Ez arra enged következtetni, hogy a növénytakaró a rövid lehűlés és az általánosságban vett hűvösebb klíma hatására sem változott meg számottevően, csupán a horizont legalján jelen lévő *Discus ruderatus* faj köthető a túlevelű vegetáció jelenlétéhez. Ez a közösség, mivel a hidegkedvelő elemek aránya alacsony, egy gyengébb lehűlési horizontot (stadiálist) jelöl. A post-IR IRSL adatok alapján (Wacha et al., 2013) a 10 méteren mért koradat  $228.000 \pm 19.000$  cal BP évnek adódott, ami jól korrelálható az MIS 7 szakaszának 7a és 7e közti lehűlési szakaszával (Gibbard & Cohen, 2008).



24. ábra – Az Atyavár (Šaregrad) II lösz-paleotalaj szelvény csigafaunájának hőmérsékleti igény szerinti csoportosítása; dominancia és abundancia viszonyok, abszolút koradatok és malakológiai horizontok

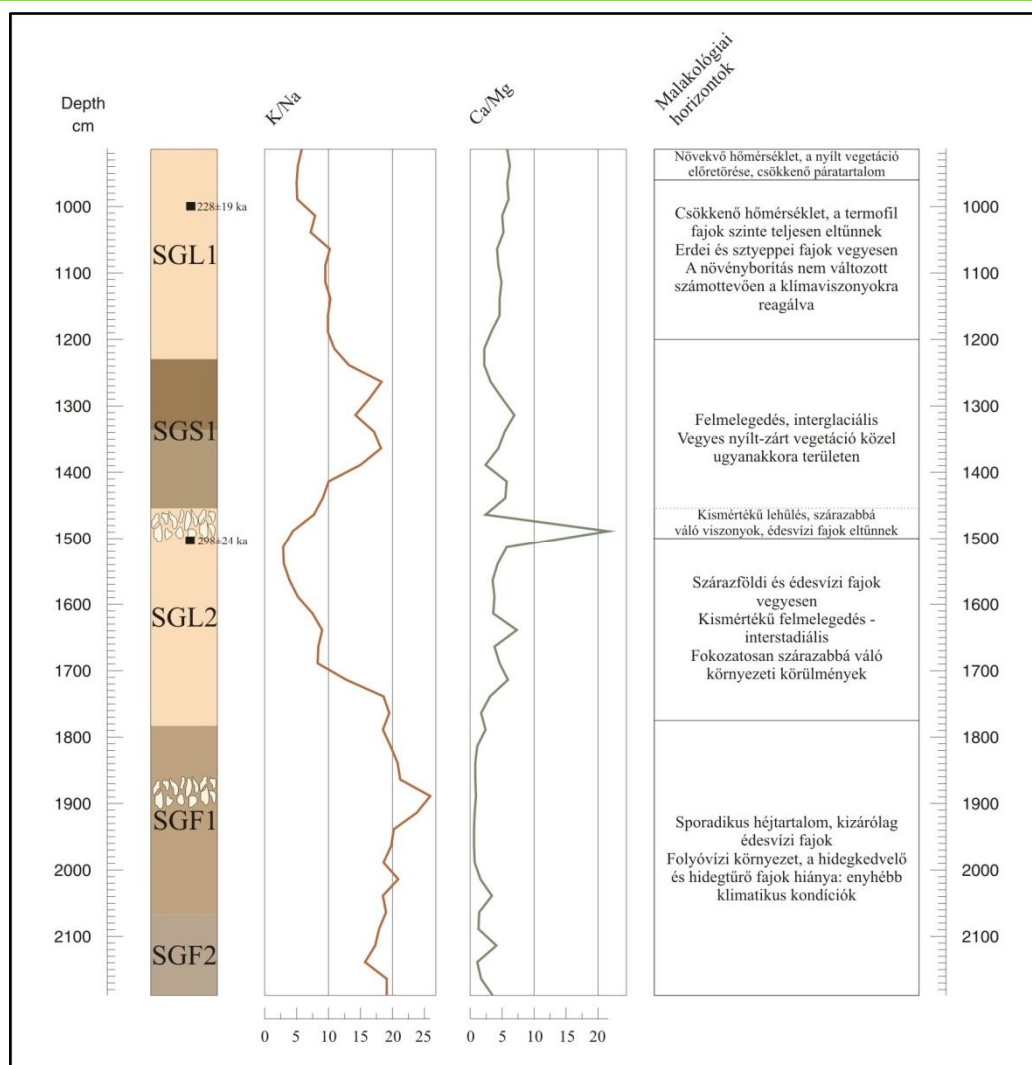
Az ötödik horizont 9,5 és 9 méter között húzódik, szintén az SGL1 löszrétegben, a megmintázott szelvényt szakasz tetejéig. A horizontban visszaszorulnak a hidegtűrők, és újra megjelennek a melegkedvelő és tágtűrűsű, nyílt vegetációt kedvelő fajok (*P. triplicata*, *Helicopsis striata*, *P. muscorum*, *G. frumentum*), ami a melegedő klíma mellett a nyílt vegetáció előretörését jelzi. Ezt támasztja alá a szintén nyílt vegetációt kedvelő tágtűrűsű fajok (*P. muscorum*, *V. costata*) jelenléte is. A tágtűrűsű és a xerofil elemek nagyszámú megjelenése a páratartalom csökkenésére, ezáltal szárazabb klímakondíciókra utal. Természetesen az erdőfoltok nem tűntek el teljesen, de jelentősen visszaszorultak, mindössze az erdőkben is előszeretettel előforduló *V. crystallina* jelzi a zárt vegetációt.

---

#### 4.4.5. A vizsgálati eredmények összegzése

Az Atyavár (Šarengrad) II lösz-paleotalaj szelvényen elvégzett vizsgálat sorozat eredményeit az eddigiekhez hasonlóan két részre érdemes bontani. A geokémiai és üledéktani vizsgálatok alapján a szelvényt egy eolikus és egy fluviális eredetű részre lehetett bontani, aminek a határa megközelítőleg 15,5 méternél volt. A szelvény geokémiai eredményeiből számolt K/Na és Ca/Mg hányadosok alapján (25. ábra) az SGL1 és az SGL2 rétegek felső részében található löszös üledékek kevésbé mállottak mondhatók, valamint a rajtuk lévő növényborítás nem volt számottevő. A legmagasabb K/Na aránnyal rendelkező, azaz a legmállottabb üledékek az SGS1, SGF1 és SGF2 rétegek. Míg az SGS1 paleotalaj réteg esetén a pedogenezis miatt történt mállás, addig a másik két réteg esetében az álló- vagy lassan áramló vízben leülepedő szervesanyagban dús üledékek okozták mindezt. A Ca/Mg arány a löszös rétegekben 5 körül alakul, ami egy átlagos, kevésbé mállott löszre jellemző érték (Hum, 1998). Maga a Ca/Mg görbe lefutása egy kiugró értéktől eltekintve egyenletes, ami összevetve a jóval változatosabb karbonáttartalom görbével a karbonát alkotó elemek egyensúlyát feltételezi (Hum, 1998; Jeong et al., 2011; Wimpenny et al., 2014). Ez alól kivétel az SGS1 paleotalaj réteg alatti akkumulációs horizont, ahol a hányados 20 fölé ugrik, ami kalciumszelektív dekarbonizációra utal az SGS1 rétegben, és az SGF1 réteg, ahol a magas szervesanyag tartalmú üledékből jóval több kalcium távozott el, mint magnézium.

Az eddig kizárólag teresztrisz képződésű lösz-paleotalaj szelvényekkel szemben a šarengradi szelvény mintegy fele szubakvatikus eredetű. A fluviális rétegekben a vizsgálati eredményekből teljesen más következtetéseket lehet levonni, hiszen itt az üledékszállító közeg a szél helyett a víz. A vízi közeg körülményeinek rekonstrukciója azonban legalább annyira érdekes és felhasználható adatot rejt magában, mint a szárazföldi eredetű üledékek. Az áramlási viszonyok változása mind a malakofaunára, mind az üledékre hatással volt. Látható, hogy a nagyobb mozgási energiával bíró időszakokat (SGL2 és SGF2 rétegek) alacsony energiájú, néhol állóvízi időszakok szakították meg, melyek egyértelműen a Dunához köthetők. A Duna vízszíntingadozásai és mederváltozásai, netán a szelvény helyén található völgyből érkező időszakos vízfolyások mind befolyásolhatták az üledék és a malakofauna összetételét. A szelvény felső felében szinte végig jelenlévő finomhomok frakció azonban már a szél munkájának az eredménye, és azt feltételezi, hogy a szél energiája is jelentősebb volt ezen a területen, ugyanis a homokfrakció a szárazföldi szelvényrészben szinte végig fellelhető. Ez a jelenség talán a szelvény kitettségével is magyarázható, ugyanis a völgy, ahol a szelvény megtalálható DK-ÉNy-i irányú, a Duna irányában nagyobb lapos, nyílt síkra néz (20. ábra). Ez alapján akár mintegy szélcsatorna működhetett az üledékképződés során.



25. ábra – Az Atyavár (Šarengrad) II szelvény geokémiai és malakológiai eredményei

Az atyavári (šarengradi) szelvény malakológiai vizsgálatai során rekonstruált klímaviszonyok – a hidegtűrő és hidegkedvelő fajok alárendeltsége miatt (24. ábra) – enyhék lehettek, azonban korántsem annyira, mint a villánykövesdi vagy a szálkai szelvényben rekonstruáltak. De az atyavári (šarengradi) szelvény egy jóval korábbi időhorizontot fog át, és mutat be, így nem tudhatjuk, hogy az említett szelvények környezetében ebben az időszakban milyen klímaviszonyok uralkodtak. Mindenesetre a Fruska Gora hegység északnyugati lankáin a vizsgált periódusban a klíma enyhe volt, amit csak rövidebb időre szakítottak meg kisebb lehűlések. A növénytakaró a vízzel el nem árasztott, vagy később kiszáradt területeken javarészt erdős volt, az erdők csak a megmintázott szelvényszakasz felső részén adták át a helyüket a nyílt, sztyepp vegetációnak.

#### 4.5. Veresmart (Zmajevac) lösz-paleotalaj szelvény

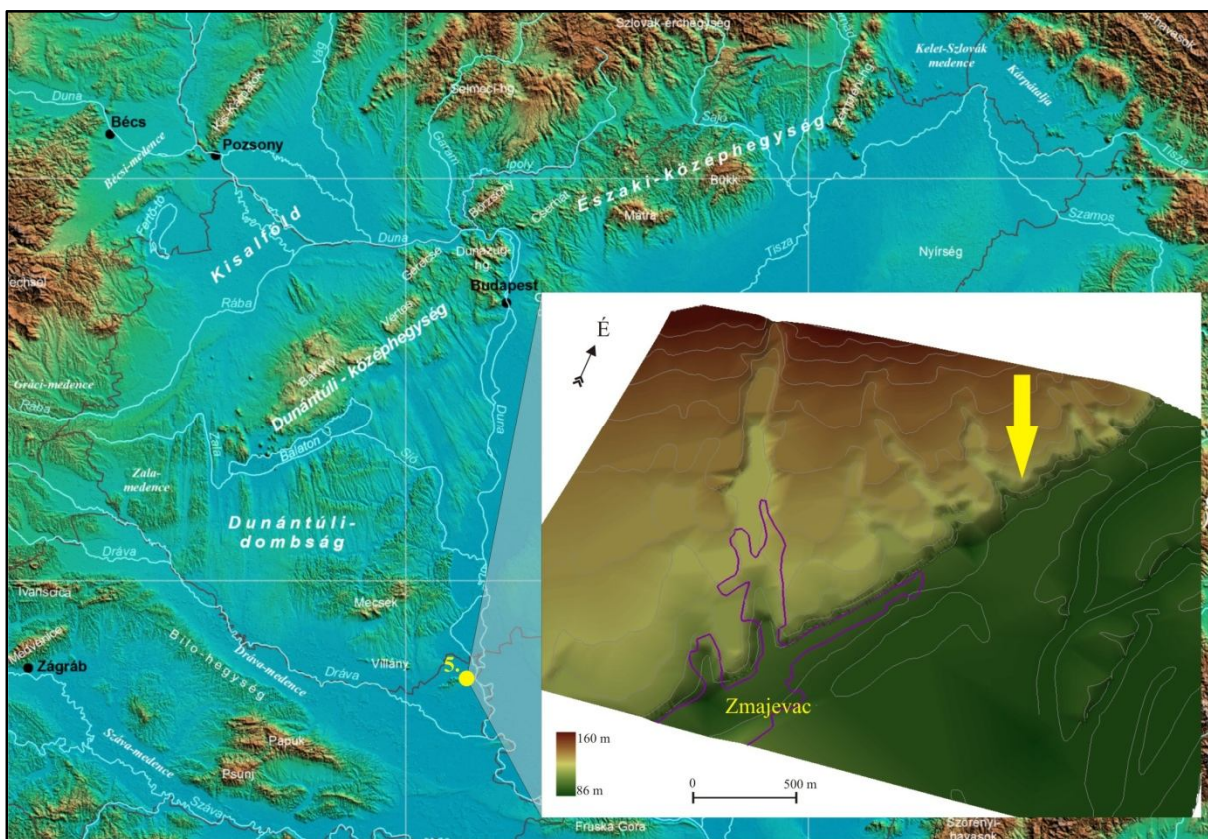
A Veresmart (Zmajevac) község mellett található lösz-paleotalaj szelvény mintáinak begyűjtése a šarengradihoz hasonlóan 2008-ban, a horvát-magyar TÉT keretein belül történt.



A cél itt is a felmérő jellegű vizsgálat volt, ezért a mintavételkor alkalmazott mintaköz 25 cm volt. Malakológiai vizsgálat, szervesanyag és karbonáttartalom meghatározás, szemcseösszetételi vizsgálat, MS és geokémiai főelem vizsgálatok történtek a begyűjtött mintákból.

#### 4.5.1. A vizsgált szelvény elhelyezkedése

A mintegy 25 méter magasságú veresmarti (zmajevaci) lösz-paleotalaj szelvény a Duna árterének határában egy műút mellett található a lösszel fedett 245-251 m magasságú, szigetszerű, miocén bazaltos-andezites alapanyagú Bodolyai-dombok (Bansko Brdo) déli részének és a Duna árterének találkozásánál (26. ábra).



26. ábra – A Veresmart (Zmajevac) mellett található lösz-paleotalaj szelvény elhelyezkedése a Kárpát-medencében és a szűkebb környezetében (a szelvény helyét a sárga nyíl jelöli)

A szelvényfal délkeleti kitettségű. A szelvény környékén nagy mennyiségű recens, de üres *Pomatias elegans*, *Helix pomatia* és *Helicella obiva* héjat találtunk. A szelvény közvetlen környezetét gyümölcsösök, művelt és felhagyott szőlők alkotják. A szelvény megmintázására három szintből volt lehetőség, így a teljes szelvény anyagából csak a 0-5,5 m, a 11,5-13 m és a 24,03-25,03 méter közti szakaszokból történt mintavétel. A legalsó egy méteres szakaszból, a rétegek feltételezett fontossága miatt az eredeti 25 centiméteres mintaköz helyett 10 centiméteres mintaközt alkalmaztunk.

---

#### 4.5.2. A szelvény litológiai leírása

A Veresmart (Zmajevac) mellett található szelvény 25,03 méter magasságú, benne 8 litosztratigráfiai réteget sikerült elkülöníteni. E horizontok leírásához a kínai lösz-paleotalaj szelvényeken alkalmazott rövidítéses terminológiát alkalmaztuk (Kukla, 1987; An et al., 1990; Ding et al., 2005; Gibbard & Cohen, 2008; Marković et al., 2008), kiegészítve a lelőhely „Z” betűjével, valamint „F” betűvel a fluviális eredetű rétegek esetén.

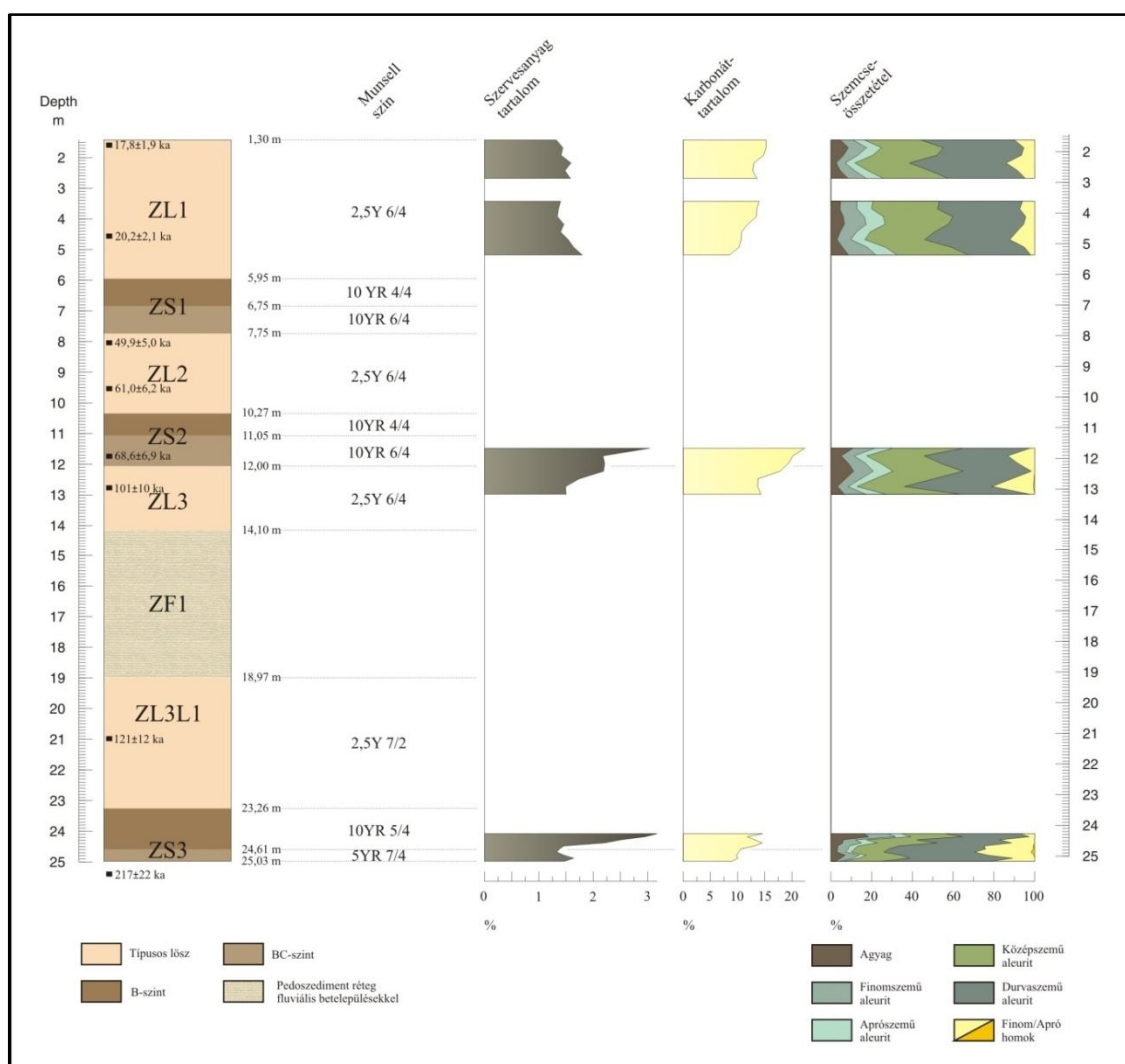
A szelvény megmintázott szakasza egy paleotalaj komplexummal indul, annak is a BC szintjével 25,03-24,61 méter között, majd a sárgásbarna (10YR 5/4) B szint következik 23,26 méterig (27. ábra) Fossziliatartama mindkét szintnek jelentős, a *harmadik mintavételi horizont* épp ezért itt lett kialakítva, jelölése az alkalmazott terminológia alapján ZS3. Ebben a rétegben található, kb. 25,5 méternél a szelvény első IRSL koradata, mely  $217.000 \pm 22.000$  cal BP évet adott (Galović et al., 2009).

A paleotalaj komplexumra mintegy 420 cm vastagságban világosszürke színű (2,5Y 7/2), enyhén laminált löszréteg rakódott le. E rétegben található a szelvény második IRSL koradata 21 méter környékéről, ami  $121.000 \pm 12.000$  cal BP évnél adódott (Galović et al., 2009). Jelölése ZL3L1, nem történt mintagyűjtés ebből a rétegből. A lejtőlösz tetején, mintegy 5 méter vastagságban áthalmozott üledék- paleotalajszintek (pedoszediment) helyezkednek el. A sorozatnak változatos települési formái láthatók, az enyhén laminált sárgásbarna rétegektől a sötétszürke hullámos településű rétegekig (Galović et al., 2009). Jelölése ZF1, belőle mintavétel nem történt.

A pedoszediment összletre mintegy 210 cm vastagságban 14,1 és 12 méter között világos sárgásbarna (2,5Y 6/4), jól osztályozott, jelentős fosszília- és karbonáttartalmú eolikus löszréteg települt (*második mintavételi horizont*). Itt található a szelvény harmadik IRSL koradata, mely  $101.000 \pm 10.000$  cal BP évnél adódott (Galović et al., 2009). Jelölése ZL3. A következő réteg 12 és 10,27 méter között húzódik, egy paleotalaj komplexum sötét sárgásbarna B és világos sárgásbarna BC szintjét magába foglalva. A fossziliatartalma gyér, jelölése ZS2. 12 méter körül található a szelvény negyedik IRSL koradata, mely  $68.600 \pm 6900$  cal BP évet adott (Galović et al., 2009). A ZL3 és ZS2 rétegekből, 13 és 11,5 méter között történt meg a második mintavételi horizont kialakítása.

Az újabb paleotalaj komplexumra 10,27 és 7,75 méter között, mintegy 250 cm vastagságban enyhén laminált, világos sárgásbarna (2,5Y 6/4) eolikus löszréteg települt. Fosszília tartalma a terepen vizsgálva meglepően kevésnek bizonyult, így mintavétel nem történt belőle. Viszont tartalmaz két IRSL kort is (Galović et al., 2009), az egyiket 9,5 méteren ( $61.000 \pm 6200$  cal BP év), a másikat 8 méteren ( $49.900 \pm 5000$  cal BP év), jelölése a fenti terminológia alapján ZL2. A löszréteg felett a szelvény legfelső paleotalaj rétege található 7,75 és 5,95 méter között,

mely szintén felosztható egy világos sárgásbarna BC és egy sötét sárgásbarna B szintre. Jelölése ZS1 lett.



27. ábra – A veresmarti (zmajevaci) lösz-paleotalaj szelvény litológiai leírása, szervesanyag és karbonáttartalom, valamint szemcseösszetételi eredményei

A szelvény legfelső rétege egy világos sárgásbarna (2,5Y 6/4) színű, jelentős fosszília tartalmú löszréteg, mely a ZL1 elnevezést kapta. Mintavétel egy kis megszakítással 5 méter és 1,5 méter között történt belőle (*első mintavételi horizont*), emellett tartalmazza a szelvény két legfelső IRSL koradatát (Galović et al., 2009), 4,5 méteren ( $20.200 \pm 2100$  cal BP év) és 1,5 méteren ( $17.800 \pm 1900$  cal BP év).

#### 4.5.3. A szelvény üledéktani elemzéseinek eredményei

A veresmarti (zmajevaci) lösz-paleotalaj szelvényből gyűjtött 31 mintán elvégzett üledéktani vizsgálatok eredményeit ebben az esetben is három részre lehetett osztani. Az eredmények bemutatása a szelvényben fentről lefelé, a mintavételi horizontoknak megfelelően halad.

---

### Szervesanyag és karbonáttartalom

A 150 és 525 cm között elhelyezkedő első mintavételi horizont a ZL1 löszrétegben található. Ennek megfelelően a szervesanyag tartalma 1,5% és 2% között mozog, ami a típusos löszökben átlagos mennyiségnek felel meg. Kismértékű növekedés figyelhető meg a mintavételi horizont alsó részében, talán a mintegy 70 centiméterrel lejjebb található paleotalaj réteg miatt. Az első horizont karbonáttartalma 10% és 15% között mozog, a magasabb értékeket a horizont felső részén mérhetjük. A szervesanyag tartalom növekedésével a karbonáttartalom csökken, így a horizont alsó része valóban a ZS1 paleotalaj réteg bevezető része lehet.

A második mintavételi horizont 11,5 és 13 méter között található, részben a ZS2 paleotalaj rétegben, részben a ZL3 löszrétegben elhelyezkedve. A szervesanyag értékek is ennek megfelelően alakulnak, a horizont felső részén 3% felett, a horizont aljához érve azonban már csak 1,5% körül alakulnak. Ez egy tipikus paleotalaj-lösz átmenetet jelöl. A karbonáttartalom értékek viszont nem a várt lefutású görbét adják. A paleotalaj alsó részében magas karbonáttartalom (kb. 22%) talán egy akkumulációs horizontot jelöl, a löszben jelentkező 15% körüli érték pedig, összevetve az első mintavételi horizont értékeivel, átlagosnak mondható.

A harmadik mintavételi horizont 24,03 méter és 25,03 méter között, teljes egészében a ZS3 paleotalaj rétegben található, a B és a BC szint átmeneténél. Az értékek alakulása ennek megfelelő, ugyanis a két szint közti átmenetben, ahogyan a jól fejlett paleotalajoknál is látható volt Atyavár (Šarengrad) és Villánykövesd esetén is, kismértékű karbonát akkumuláció jelentkezik. Ez ebben az esetben 13-14%-os karbonáttartalmat jelent. Ezzel párhuzamosan a fosszilis talajban kimutatott 3,25% körüli értékről induló szervesanyag mennyiség a B szint aljára 1,3%-ra csökken. A BC szintbe érve újabb szervesanyag dúsulás (1,7%), és karbonáttartalom csökkenés (10%) figyelhető meg. Feltételezhető, hogy a BC szint alján egy kisebb mértékű karbonát kilúgozódás történt.

### Szemcseösszetétel

A szemcseösszetételi eredmények bemutatása szintén a mintavételi horizontok szerint halad (27. ábra). Az első mintavételi horizontot a tipikus löszökre jellemző alacsony agyagtartalom ( $<3,9\ \mu\text{m}$ ) jellemzi (5-7%), a középszemű ( $16\text{-}32\ \mu\text{m}$ ) és a durva ( $32\text{-}63,5\ \mu\text{m}$ ) kőzetliszt meghatározó aránya mellett (Smalley & O'Hara-Dhand, 2012). Érdekesség, hogy a horizontban végig megtalálható a finomhomok frakció, jelentősnek mondható 10-15%-os részaránnyal. A megnövekedett homokfrakció arány az eolikus rétegben a megnövekedett átlag szélsőbességhöz köthető (Pye, 1995).



---

A második mintavételi horizont szemcseösszetételében nem történtek szignifikáns változások, az agyagtartalom kismértékű növekedése (10-12%) a ZS2 paleotalaj réteg BC szintjének tudható be. A talajrétegben történt mállási folyamatok főként a közép szemű közetliszt frakciót érintették, részarányában csökkenés következett be. Valamint, ahogyan az első mintavételi horizontban is, itt is jelen van a finomhomok, de talán valamivel nagyobb részarányban, ami további növekedést feltételez az átlag szélességben az üledékakkumuláció idején (Pye, 1995).

A harmadik mintavételi horizont agyagtartalma a ZS3 paleotalaj réteg B szintje, az ebben a szintben felhalmozódott agyagfrakció miatt (Szendrei, 2000; Filep et al., 2010) meglehetősen magas részarányal indul, a megmintázott szelvényrészek legmagasabb agyagtartalma itt mérhető (18-20%). A B szint alsó részében az agyagtartalom hirtelen lecsökken (kb. 5%), és ezen a csökkent szinten marad a teljes mintavételi horizontban. Ez a csökkent agyagmennyiség az ugyanebben a szintben erőteljesen megnövekedett homoktartalomnak köszönhető, amely 30% körüli csúcsokkal jelentkezik 24,5 és 25 méter között. Ilyen intenzív homokbetelepülés az atyavári (šarengradi) szelvény esetén is előfordult, de ott fluvialis folyamatokhoz köthető. Veresmart (Zmajevac) esetén ez egyáltalán nem biztos, ugyanis az ebből a szintből előkerült malakológiai anyag nem tartalmazott édesvízi fajokat. Így talán a Bodolyai-dombok magasabb térszíneiről mosódhatott be, vagy gravitációs áthalmozódással kerülhetett a szelvény e szakaszába a homokanyag, ugyanis a szelvény közvetlen a dombok lábánál helyezkedik el.

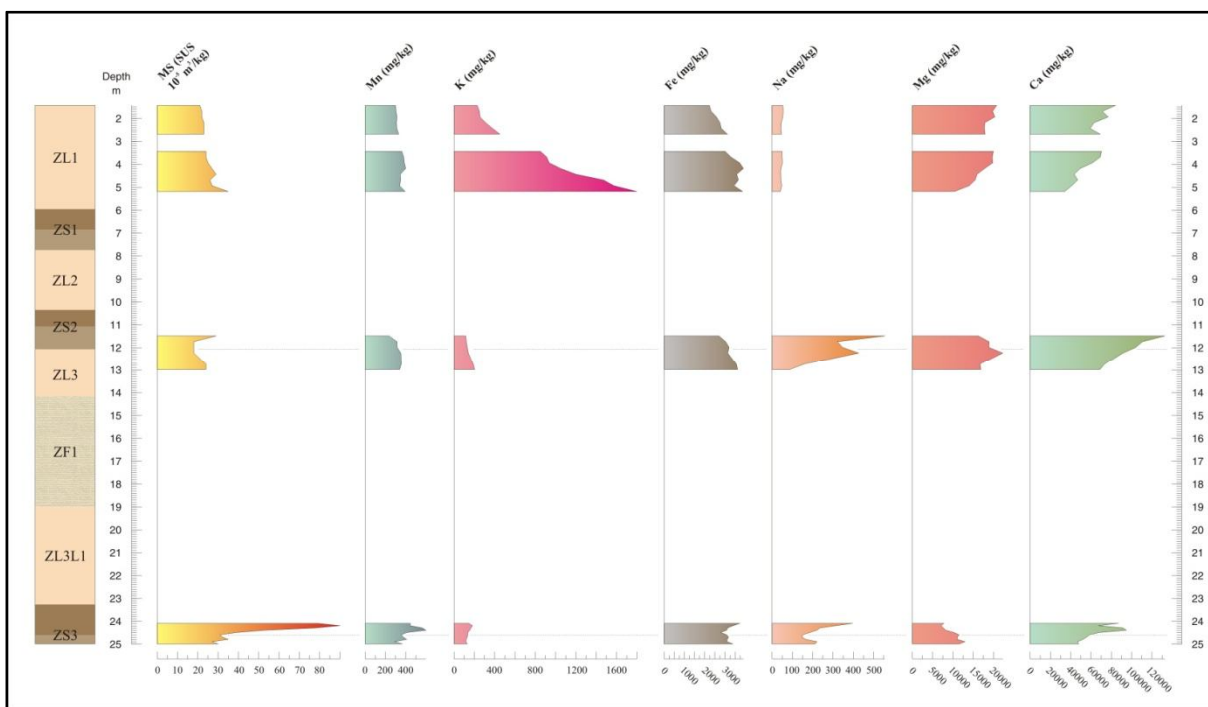
#### Mágneses szuszceptibilitás és geokémiai főelem vizsgálat

A zmajevaci lösz-paleotalaj szelvény első mintavételi horizontjában mért 20-25 körüli MS értékek a típusos löszökre jellemzők (28. ábra), azonban a horizont alsó részében – ahogyan a szervesanyag tartalomban is – kismértékű ugrás figyelhető meg. Ez megerősíti azt, hogy a horizont alsó része talán a ZS1 paleotalaj talajképződéséhez köthető. Erre jól korrelál a mállást kísérő elemek (mangán, kálium, vas) koncentrációja is (Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2000), melyek közül a kálium értéke kimagasló (1800 mg/kg). Ez talán a mállás mellett az erőteljesebb növényborításra is utalhat. A mállásérzékeny kalcium és magnézium (Gallet et al., 1996; Jahn et al., 2000) koncentrációja fokozatosan csökkenő tendenciát mutat, ami a pedogenetikus hatások vagy a növényborítás miatti dekarbonizációra (Dokuchaev, 1879; Ding et al., 2001) utalhat.

A második mintavételi horizontban az MS 30 feletti értéke jelzi a ZS2 paleotalaj réteg BC szintjét. Ugyanebben a szintben az MS értékek hirtelen csökkenése tapasztalható, majd átlépve a ZL3 löszrétegbe, újabb kismértékű növekedés jelentkezik, ami talán a ZL3 löszréteg



kisfokú mállottságát jelzi. A mállást kísérő elemek közül a vas és a mangán a ZL3 rétegbe átlépve kisfokú koncentrációnövekedést mutatnak, a kálium is hasonló trendet követ, de immár meglehetősen alacsony (150-200 mg/kg) értékekkel. A mállásérzékeny elemek jelentős dúsulása figyelhető meg a ZS2 paleotalaj rétegben, ami valószínű, a réteg alsó részén történt karbonát akkumuláció eredménye lehet. A ZL3 rétegbe átlépve a kalcium, magnézium és nátrium koncentrációk csökkenni kezdenek, párhuzamosan a málláskísérő elemek növekedésével.



28. ábra – A veresmarti (zmajevaci) szelvény MS és geokémiai főelem vizsgálatának eredményei

A harmadik mintavételi horizont a ZS3 paleotalaj réteg B és BC szintjét foglalja magába, az MS értékek is ennek megfelelően alakulnak. A B szintben a szelvényben mért legmagasabb értékek tapasztalhatók (80 körül), melyek egyértelműen az előrehaladott pedogenetikus folyamatokat jelölik. A BC szintbe érve azonban az értékek lecsökkennek, a 30 körüli mennyiségek a ZS2 paleotalaj BC szintjéhez hasonlóak. A mállást kísérő mangán, kálium és vas koncentrációi az MS értékekkel korrelálnak, a B szintben tapasztalható magasabb koncentrációk után a BC szintben csökkennek a mennyiségek. A mangán és a vas a szelvényben mért legmagasabb értékekkel jelentkezik, de a kálium koncentrációja alacsony marad. A mállásérzékeny elemek közül a kalcium koncentrációja a B és BC szintek átmeneténél magasabb, talán egy talajrétegen belüli elem- és karbonát akkumulációs horizontot jelöl (27. ábra). Ellenben a karbonátokat alkotó elemek közül a magnézium koncentrációja alacsony marad, ami talán a szelektív akkumulációt, vagy a kalcit/dolomit arány eltolódását jelentheti (Jeong et al., 2011; Wimpenny et al., 2014). A nátrium aránya a

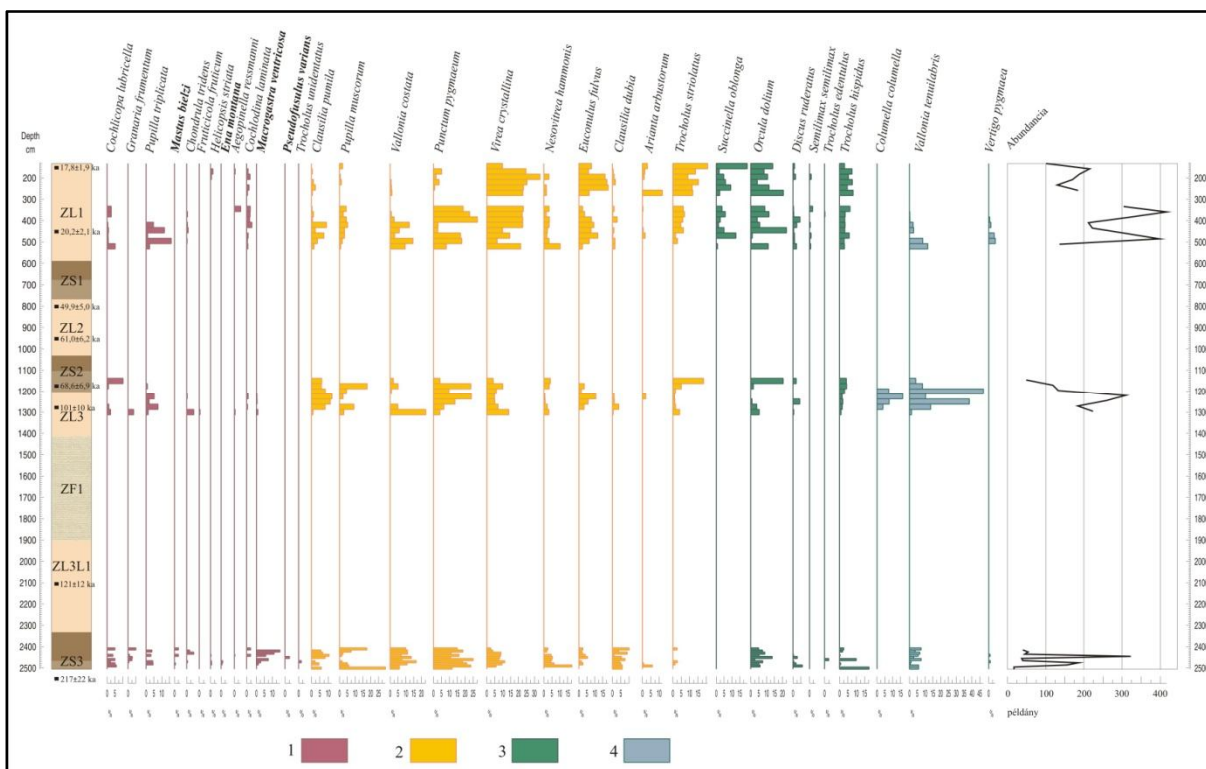
---

mintavételi horizontban továbbra is magas marad, a 400 mg/kg körüli értékek – összevetve a többi vizsgált szelvény hasonló adataival – meglehetősen erőteljes koncentrációra utalnak.

#### 4.5.4. A szelvény malakológiai vizsgálatának eredményei

A Veresmart (Zmajevac) lösz-paleotalaj szelvény megmintázott részeiből kivett 31 mintából 37 szárazföldi csigafaj 5501 egyede került elő. Az egy mintára eső átlag egyedszám 177 darab, de az abundancia viszonyok alapján az eloszlás korántsem egyenletes (29. ábra). A szelvényben kialakított három mintavételi horizont mindegyikéből egyedi malakofauna került elő, így szükségszerűen 3 malakológiai zónára lehetett felosztani a szelvényünket.

Az első malakológiai horizont 25 és 24 méter között található, ebben a horizontban 10 centiméterenként történt mintavétel, így a malakológiai vizsgálat segítségével finomabb felbontású rekonstrukciót lehetett létrehozni. A horizont teljes egészében lefedi a ZS3 paleotalaj szintet. A horizontból főként napjainkban mérsékeltövi lombhullató erdőkben lakó fajok kerültek elő, mint pl. *Cochlodina laminata*, *Clausilia pumila*, *Macrogastra ventricosa*, *Pseudofusulus varians*, *Mastus bielzi*, *Orcula dolium*, *Aegopinella ressmanni*, *Semilimax semilimax*, *Ena montana*, *Trocholus unidentatus* és *Trocholus edentulus* (29. ábra). Mivel Horvátország szárazföldi löszterületeinek malakológiai vizsgálatai kezdetleges fázisban járnak, ezért ezt a közösséget nem tudjuk összevetni más, horvátországi szelvények faunájával, viszont elmondható, hogy az *E. montana*, a *M. bielzi*, a *T. unidentatus* és a *T. edentulus* együttes jelenléte arra enged következtetni, hogy ez a malakológiai horizont a középső-pleisztocénben fejlődött ki (Ložek, 1964; Krolopp, 1973; Sümegi et al., 2009; Molnár et al., 2010, 2011). Ezt bizonyítja a szelvényen mért IRSL kormeghatározási adat is, mely a szelvény 25,64 méterén  $217.000 \pm 22.000$  cal BP évnek adódott (Galović et al., 2009), ami valószínű, hogy a MIS 7a interglaciálisnak felel meg (Lisiecki & Raymo, 2005; Tzedakis et al., 2006; Gibbard & Cohen, 2008). A *Discus ruderratus* jelentősebb dominanciája arra enged következtetni, hogy a lombhullató erdő tülevelűekkel keveredett. A *Trocholus* fajok, az *Arianta arbustorum* és a *Fruticicola fruticum* jelenléte gazdag cserjeszintű galériaerdők és üde rétek jelenlétét jelzik. A *Vallonia* fajok, a *Punctum pygmaeum*, a *Nesovitrea hammonis*, a *Vitrea crystallina* és az *Euconulus fulvus* jelenléte pedig kiterjedt ecoton területek jelenlétére utal. A horizont további különlegessége a *Pseudofusulus varians* megjelenése; a faj fosszilis lelőhelyei Közép-Európában az Alpok előterében és a Cseh-medencében találhatók, a Kárpát-medencében extrém ritkán került elő pleisztocén korú üledékekből (Sümegi et al., 2009; Molnár et al., 2010).

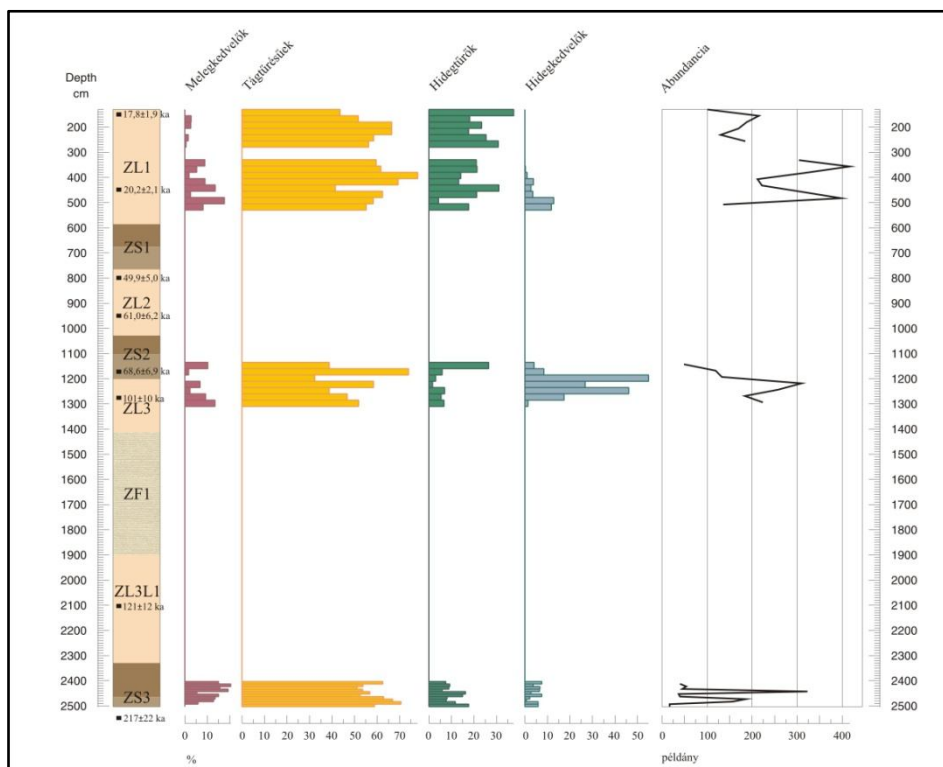


29. ábra – A Veresmart (Zmajevac) lösz-paleotalaj szelvény fajszintű malakológiai vizsgálatának eredményei: dominancia és abundancia viszonyok, malakológiai horizontok abszolút koradatokkal (a fajok ökológiai csoportjai: 1. melegkedvelő fajok, 2. mezofil fajok, 3. hidegtűrő fajok, 4. hidegkedvelő fajok)

A következő malakológiai horizont szükségszerűen 13 és 11,5 méter között található, a ZS2 paleotalaj és a ZL3 löszréteg átmeneténél. A negyedidőszaki paleobotanikai és malakológiai vizsgálatok alapján ez a horizont egy vegyes lombú erdős sztyepp környezetben alakult ki a középső-pleisztocén elején, egy interstadiálisban (Ložek, 1964; Marković et al., 2006, 2008). Ez az időszak – a rendelkezésre álló abszolút koradatok alapján 68.600±6.200 cal BP év – globálisan a GI 19 interstadiális időszakára eshetett (Björck et al., 1998; Gibbard & Cohen, 2008). Ettől függetlenül a melegkedvelő fajok dominanciája nem jelentős, maximum 20% körüli (30. ábra). Jelentősebb dominanciával jelennek meg a mezofil, zárt vegetációt preferáló fajok (*Clausilia dubia*, *C. pumila*, *P. pygmaeum*, *V. crystallina*), mellettük több hidegtűrő, erdei faj (*Orcula dolium*, *D. rudersis*) is megtalálható a horizontban. A nyílt vegetációt kedvelő fajok aránya meglehetősen alacsony, így elmondható, hogy a vizsgált területen ebben az időszakban nagyobb kiterjedésű erdőségek terülhettek el, széles átmeneti (ecoton) övezettel a nyílt vegetációs területek felé. A horizontban megfigyelhető a hidegkedvelő *Vallonia tenuilabris* jelentős dominanciája, ami többek közt azért is érdekes, mert a hőmérsékleti igénye jelentősen eltér a horizontban rekonstruált környezettől. Ez az anomália arra enged következtetni, hogy ebben a malakológiai horizontban speciális tafonómiai folyamatok játszódhattak le, melyek hatására a *V. tenuilabris* valószínű, habitat váltáson ment keresztül. Vagy a másik lehetőség, hogy a szelvény 25 centiméteres mintavételi stratégiája miatt a

stadiálisok és az interstadiálisok malakofaunája kismértékű keveredést szenvedett, és emiatt jelentkeznek a *V. tenuilabris* ilyen jelentős dominancia értékekkel.

A harmadik malakológiai horizont a szelvény felső szakaszán, 5,25 és 1,25 méter között található. A horizontban továbbra is megmarad a melegkedvelők alárendelt dominanciája a mezofil és a jelentősen megnövekvő dominanciájú hidegtűrő fajokkal szemben. A hidegtűrők közül erőteljesebb dominanciával a nyílt, nedves vegetációt kedvelő *Succinella oblonga* és a párás erdőket kedvelő *O. dolium* jelentkezik, mellettük több zárt vegetációt kedvelő hidegtűrő is megjelenik (*T. hispidus*, *D. ruderatus*, *S. semilimax*).

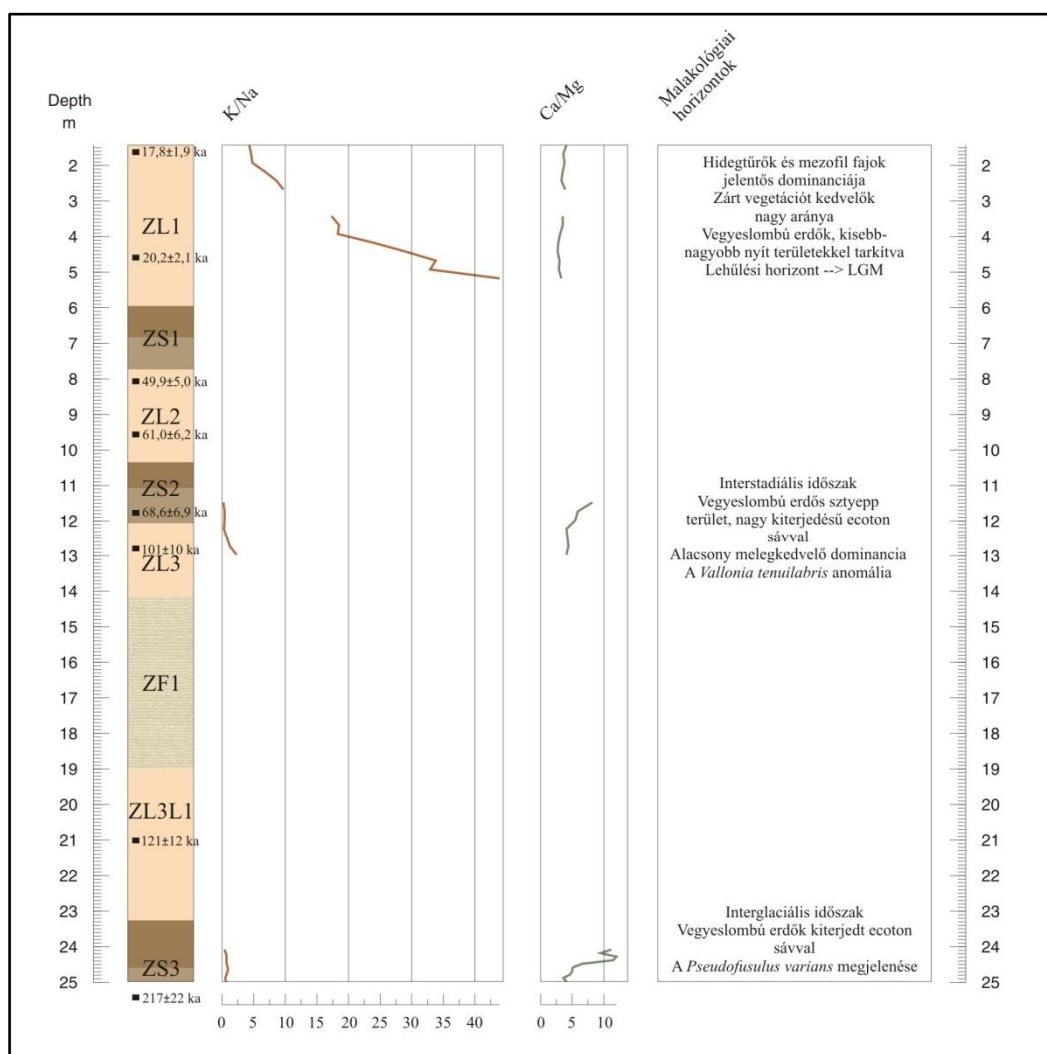


30. ábra – *A veresmarti* (zmajevaci) lösz-paleotalaj szelvény csigafaunájának hőmérsékleti igény szerinti csoportosítása; dominancia és abundancia viszonyok, abszolút koradatok és malakológiai horizontok

A hidegtűrők mellett mezofil erdőlakó (*C. pumila*, *C. dubia*) és ecoton (*P. pygmaeum*, *V. crystallina*, *N. hammonis*) fajok is jelen vannak a horizontban, szintén jelentős dominanciával. A horizontban jelentős vegyeslombú erdősülés és gazdag ecoton sáv kialakulása valószínűsíthető, alárendelten száraz vagy nedves nyílt foltokkal tarkítva (*Cochlicopa lubricella*, *P. triplicata*, *P. muscorum*, *S. oblonga*). A faunát tartalmazó üledék az IRSL adatok szerint 17 és 20 ezer év között rakódott le, ami az MIS 2, azaz az utolsó eljegesedési maximum idejére tehető (Lisieczki & Raymo, 2005; Tzedakis et al., 2006; Galović et al., 2009; Gibbard & Cohen, 2008).

#### 4.5.5. A vizsgálati eredmények összegzése

A Veresmart (Zmajevac) melletti lösz-paleotalaj szelvény mintáin elvégzett vizsgálatokat az eddigiekkel megegyezően két részre bonthatjuk. Az eredmények összegzése a szelvényben kialakított három mintavételi horizont szerint halad. Az üledéktani vizsgálatok, valamint a K/Na Ca/Mg hányadosok alapján (31. ábra) az első mintavételi horizont, amely teljes egészében a ZL1 löszrétegben található, kevésbé mállott, normál szervesanyag és karbonáttartalommal bír. A K/Na és a Ca/Mg arány azonban nem ezt mutatja. A K/Na arány a teljes horizontban, de különösen az alsó részén intenzíven emelkedik, a horizont aljára eléri a 45-öt is, azaz a vizsgált öt szelvény legmagasabb értékét (ahogyan a koncentrációban is, 1800 mg/kg). A jelentős káliumdúsulás oka az erőteljes növényborítás vagy nagyobb mennyiségű káliumtartalmú ásvány mállása lehetett (Bohn et al., 1985). Ellenben a Ca/Mg arány egyenletesnek mondható, 5 körüli értékek jellemzik a horizontban.



31. ábra – A veresmarti (zmajevaci) szelvény geokémiai és malakológiai eredményei

A második mintavételi horizont részben a ZS2 paleotalaj és részben a ZL3 löszrétegben található. A paleotalaj rétegben karbonát akkumuláció jelentkezett, melyet jól mutat a Ca/Mg



---

hányados magasabb értéke is, de a ZL3 rétegben újra 5 körüli értékeken stabilizálódnak az értékek. A K/Na hányados viszont meglehetősen alacsony itt és a harmadik mintavételi horizontban is, ami a kezdeti magas kálium koncentráció erőteljes csökkenésének tudható be. A karbonát akkumulációs szintekben a Ca/Mg arány eltolódik a kalcium javára, ami a karbonátokban a kalcit/dolomit arányt is a kalcit felé billenti (Hum, 1998; Jeong et al., 2011; Wimpenny et al., 2014).

A veresmarti (zmajevaci) szelvény malakológiai anyagának elemzése is a három mintavételi horizont korlátai között történt. A malakológiai anyag alapján a szelvény alsó, középső és felső részét lefedő három horizont mindegyikében egy túlnyomórészt zárt vegetációval jellemezhető környezetet lehetett rekonstruálni. Ez az eddigi szelvényektől merőben eltérő jelenséget, az erdők permanens jelenlétét mutatta a különböző időhorizontokban a vizsgált területen. Emellett két sajátos malakológiai vonatkozása is van a veresmarti szelvénynek. Az egyik a harmadik horizontban megjelenő, meglehetősen ritka, középső-pleisztocén faunákban előforduló *Pseudofusus varians*. A másik a második mintavételi horizontban tapasztalható „*Vallonia tenuilabris* jelenség”. Az alapvetően hidegkedvelő, ma az Altaj-hegységben fellelhető (Sümegei, 1996b, 2005; Horská et al., 2010; Hoffmann et al., 2011) faj keveredése melegkedvelő és tágtűrűsű fajokkal, ami a mintavétel túl nagy felbontásához, vagy a *V. tenuilabris* faj élőhely váltásához köthető. Ugyanis nem zárható ki, hogy a középső-pleisztocén során még ez a faj másik habitatban (erdei élőhelyen) élt, majd ezt követően vált szélsőségesen hidegtűrő elemmé.

---

## 5. Konklúziók

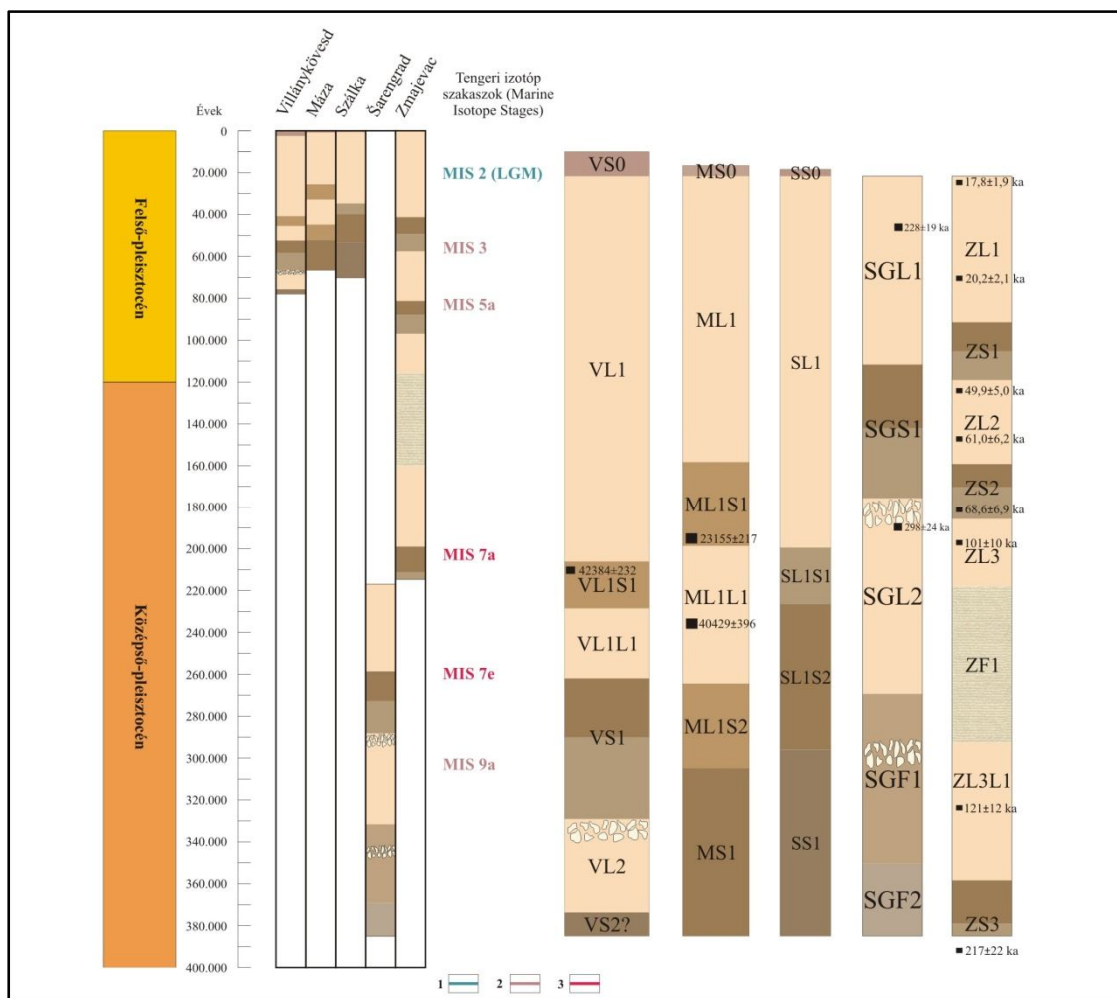
A dolgozatban bemutatott öt lösz-paleotalaj szelvény malakológiai és üledéktani eredményeinek bemutatása után érdemes a szelvényeket egymáshoz korrelálni a rajtuk mért abszolút koradatok alapján. A korreláció segít elhelyezni a szelvényeket a globális időben, valamint segít abban, hogy a rekonstruált környezeti viszonyokat összehasonlíthassuk (Bronger, 2003) egymással (32. ábra).

A szelvények elhelyezése a globális időben a rajtuk mért abszolút koradatok (radiokarbon, IRSL) segítségével történt. A magyarországi szelvények besorolása a koradataik, a litológiájuk és a malakológiai anyaguk alapján egyöntetűen a felső-pleisztocénbe esett. Visszafelé haladva az időben az utolsó eljegesedési maximum (LGM), amelyet az MIS 2 stadiális időszakra kelteznek (Lisieczki & Raymo, 2005; Tzedakis et al., 2006; Gibbard & Cohen, 2008) négy szelvény esetén is (Villánykövesd, Máza, Szálka, Veresmart/Zmajevac) az L1 litológiai elnevezést kapta. A Villánykövesden (VS1) és Mázán (MS1) is rekonstruált talajszintek a litosztratigráfiai helyzetük és a kronológiai adatok alapján nagy valószínűséggel az MIS 3 interstadiális időszakra tehetők, ahogyan ezzel párhuzamosítható a szálkai szelvény SL1S1, SL1S2 és SS1 paleotalaj komplexuma is. Valószínűleg az MIS 3 interstadiális idején alakult ki a veresmarti (zmajevaci) szelvény ZS1 paleotalaj rétege is. A következő rekonstruált kronosztratigráfiai horizont az MIS 5a interstadiális, mely két szelvényből, a villánykövesdiből (VS2) és talán a veresmartiból (zmajevaciból) (ZS2) volt kimutatható.

A szelvények kronológiájába leginkább az atyavári (šarengradi) szelvény tekinthető idegen elemnek. Vele a kapcsolatot a veresmarti (zmajevaci) szelvény jelenti, ugyanis ez a szelvény az, ami a pleisztocén végétől egészen 220.000 év távlatába vezet vissza. Az atyavári (šarengradi) szelvény még ennél is idősebb, de a szelvény legfelső szakaszán rekonstruált felmelegedés (25. ábra) és a veresmarti (zmajevaci) szelvény ZS3, az MIS 7a interglaciálishoz köthető paleotalaj szintje között a korukat összevetve kimutatható a korreláció kontinuitása. Azaz a veresmarti (zmajevaci) szelvény kapcsolja össze az atyavári (šarengradi) szelvényt a magyarországi részen rekonstruált kronosztratigráfiai rendszerrel.

Az atyavári (šarengradi) szelvény láthatóan a legidősebb szelvény, a teljes szakasza a középső-pleisztocénbe esik, alsó része ráadásul fluviális eredettel bír. Három kronosztratigráfiai egység, érintőlegesen az MIS 7a interglaciális, az MIS 7e interglaciális és az MIS 9a interstadiális időszak jelölhető ki a szelvény abszolút koradatai és a litológiája alapján. A szelvény alsó részén a fluviális eredet miatt további, az MIS szakaszokhoz köthető kronosztratigráfiai egységek kijelölése nem lehetséges, az viszont elmondható, hogy a

fluviális eredet, valamint a szelvény fekéjében található folyami homok egyértelműen a Dunához, és annak depozíciós tevékenységéhez köthető.



32. ábra – A vizsgált szelvények kronológiai korrelációja a rajtuk mért abszolút koradatok alapján a globális trendekhez viszonyítva, és a szelvények litológiája, valamint a rekonstruált MIS időszakok (1. glaciális időszak, 2. interstadiális időszak, 3. interglaciális időszak)

Tehát összegzésként megállapítható, hogy az időkorreláció alapján a pleisztocén legvégétől, megközelítőleg a középső-pleisztocén közepéig tartó időszakot sikerült korrelálni a vizsgált öt lösz-paleotalaj szelvény segítségével. Természetesen a globális trendekhez való hasonlítás mindig magában hordozza a pontatlanság lehetőségét, pl. jelen esetben a szelvények földrajzi elhelyezkedésében és az egymástól való távolságukban.

Továbbá a korreláció mellett figyelembe kell venni a szelvények saját üledéktani és malakológiai viszonyait. Ezeket összehasonlítva egymással, egy jóval árnyaltabb képet kapunk, ami arra világít rá, hogy a 32. ábrán létrehozott korreláció nem minden esetben jelent egyezést. Visszatekintve a szelvényekben rekonstruált malakológiai horizontokra (7., 13., 19., 25. és 31. ábra), és ezeket összevetve a kronosztratigráfiai korrelációval látható, hogy a rekonstruált MIS szakaszok minden szelvényben más és más környezeti kifejlődéssel bírnak, azaz minden szelvény malakofaunájára másképp hatottak a globális változások.

---

Az atyavári (šarengradi) szelvény kivételével mindegyik szelvény rendelkezik olyan szakasszal (hacsak nem a teljes szakasza), ami a felső-pleisztocén során képződött, ezért érdemes a jobb összehasonlíthatóság érdekében ezeknek a szelvényeknek (Villánykövesd, Máza, Szálka és Veresmart/Zmajevac) ezt az időhorizontját vizsgálni paleoökológiai szempontból (33. ábra). Az ábrát tanulmányozva feltűnő lehet, hogy a vizsgált szelvények, szelvényszakaszok rekonstruált környezeti-klimatikus viszonyai még az időkorreláció ellenére sem egyeznek.

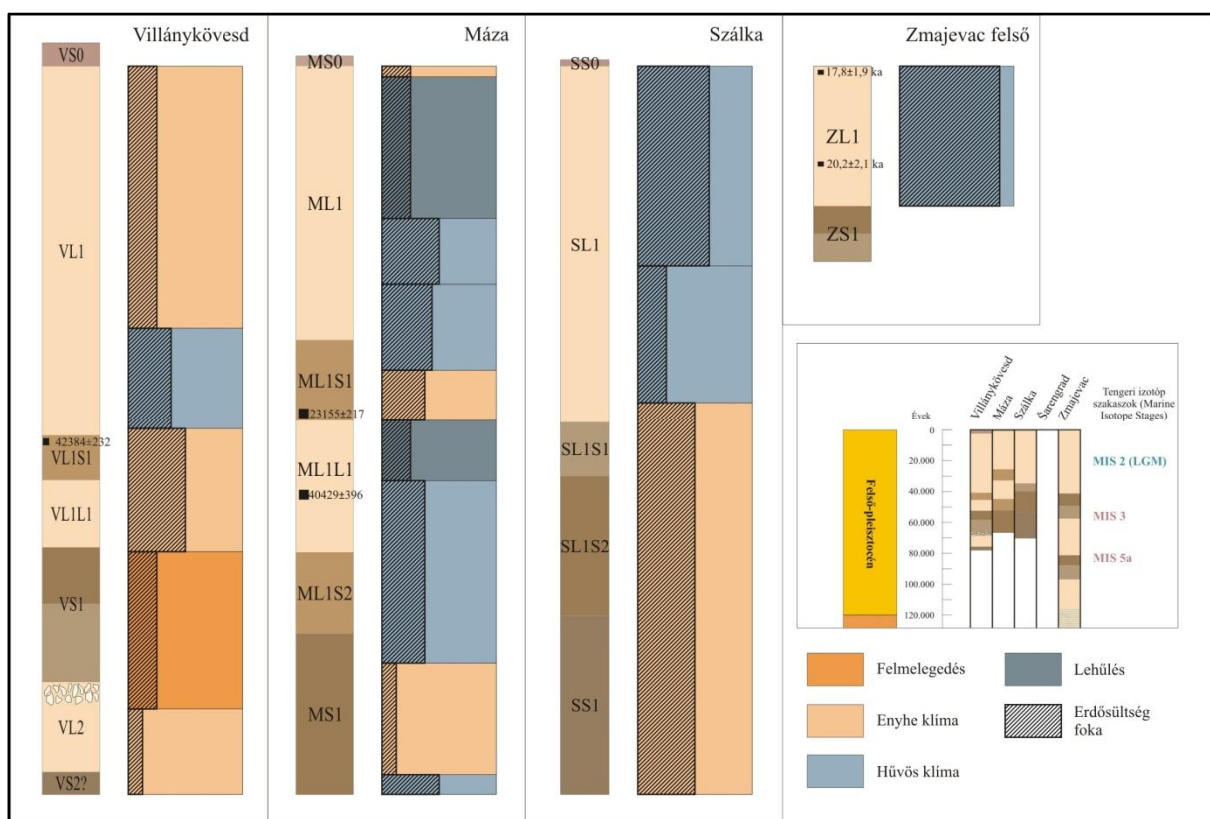
A villánykövesdi területen a szelvényt alkotó üledékanyag képződése során túlnyomórészt enyhe klimatikus viszonyok uralkodtak (33. ábra). A legmagasabb hőmérséklet a VS1 paleotalaj réteg kialakulásakor lehetett, melynek képződése az MIS 3 interstadiális időszakra eshetett. Ezeket az enyhe viszonyokat csak egy alkalommal, a VL1 löszréteg alsó részén szakította meg egy kisebb lehűlés, de a malakológiai eredmények itt sem mutattak jelentős hőmérséklet csökkenést. A klimatikus viszonyokkal ellentétben a lokális erdőborítás változása már jóval mozgalmasabb képet mutat. Az időben előre haladva a VL1S1 paleotalaj rétegig folyamatosan növekszik a zárt vegetáció részaránya, tovább haladva viszont a nyílt vegetáció növekvő túlsúlya lesz jellemző a pleisztocén végéig.

A Máza község közelében található lösz-paleotalaj szelvény malakológiai anyaga alapján rekonstruált horizontok a villánykövesdi területnél jóval hűvösebb átlaghőmérsékletre utalnak (33. ábra). A két szelvény kora hasonló (32. ábra), így a szignifikánsan eltérő paleoökológiai horizontok még szembetűnőbbek. A mázai szelvényben három hosszabb-rövidebb enyhe, négy hűvösebb és két hideg klímaszakasz jelentkezett. A enyhébb horizontok mind a paleotalaj szintekhez (MS1, ML1S1) és a recens talajszinthez (MS0) köthetők. A két erősebb lehűlési szakasz az MIS 2 idején és hozzávetőlegesen 25.000 és 40.000 cal BP év között alakult ki. A második erőteljesebb lehűlési horizont párhuzamosítható a villánykövesdi szelvény egyetlen gyengébb lehűlési horizontjával, ami szintén kb. 25.000 és 40.000 cal BP évek között történhetett. A mázai szelvény többi szakasza hűvös klímaviszonyokat tükröz, egyetlen eltérés köztük a zárt és a nyílt vegetáció aránya. Ugyanis az erdők részaránya ezekben a horizontokban a legmagasabb, de így is alárendelt szerepű a nyílt vegetációval szemben. A legkisebb erdőborítás a két erősebb lehűlési horizontban tapasztalható, itt az erős hőmérséklet csökkenés miatt talán egy tundraszerű, elszórtan törpefás, vázталajjal jellemezhető környezet alakulhatott ki (Sümegi, 2005).

A szálkai szelvényből előkerült várákoson aluli darabszámú malakológiai anyag miatt a szelvényt csupán három malakológiai horizontra lehetett felosztani. A három horizontból egy enyhe klimatikus viszonyokat mutat, kettő pedig hűvösebb klímára utal (33. ábra). A két hűvösebb horizont az SL1 löszrétegben található, talán az MIS 2, utolsó nagy lehűlési hullám

kivetülései a szálkai szelvényben. Az enyhébb horizont a paleotalaj rétegeket (SL1S1, SL1S2 és SS1) fedi le, jól korrelálva a MIS 3 időszakkhoz (ahogyan a VS1 és az MS1 paleotalaj rétegekben rekonstruált meleg és enyhe klimatikus viszonyok az előző két szelvény esetén). A szálkai szelvényben a zárt vegetáció aránya a legnagyobb átlagot adta az eddigi három szelvény közül, de még így sem volt meghatározó az erdőborítás mértéke.

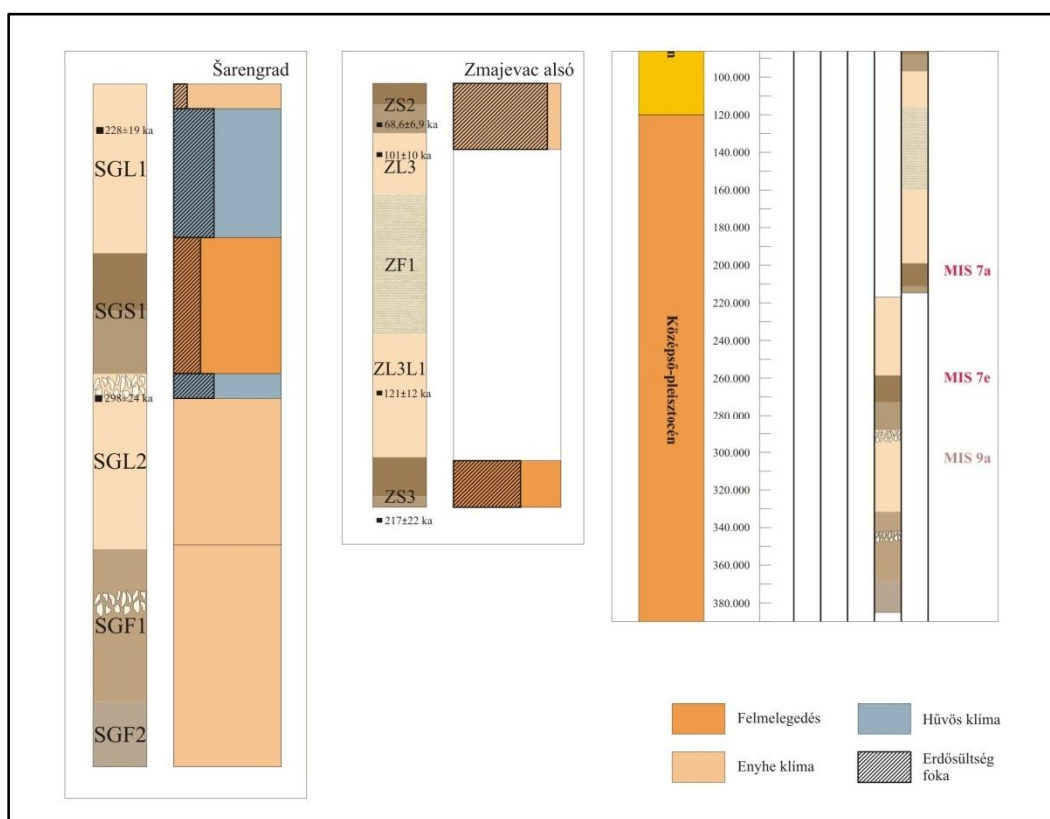
A veresmarti (zmajevaci) szelvény felső malakológiai horizontjában rekonstruált paleoökológiai viszonyok ebben az esetben is jól korrelálnak az MIS 2 időszakkal, itt is hűvös klímaviszonyok voltak tapasztalhatók, akárcsak a szálkai szelvény esetében (33. ábra). Viszont a veresmarti (zmajevaci) szelvény felső részének erdőborítása totálisan eltér az eddig vizsgált három szelvénytől. Ebben a horizontban a zárt vegetációt kedvelő és toleráló csigafajok voltak túlsúlyban, egy erőteljes zárt vegetáció dominanciát jelezve. Szinte maximális volt az erdőborítás, de a horizontban megjelenő nyílt vegetációt kedvelő fajok miatt az erdőket kisebb nagyobb foltokban nyílt területek szakították meg a veresmarti (zmajevaci) területen. A veresmarti (zmajevaci) szelvény középső és alsó szakasza, valamint az atyavári (šarengradi) szelvény teljes szakasza a középső-pleisztocénbe esik, így ezt a két szakaszt érdemes külön tárgyalni a felső-pleisztocén korú szelvényektől, szelvényszakaszoktól (34. ábra).



33. ábra – A felső-pleisztocén szelvények és a veresmarti (zmajevaci) szelvény felső-pleisztocén szakaszának paleoökológiai eredményei a malakológiai vizsgálatok alapján



Az atyavári (šarengradi) szelvényben a malakológiai anyag alapján két hűvösebb hőmérsékleti viszonyokkal rendelkező horizonton (SGL1 és SGL2 löszrétegek bizonyos szakaszai) kívül három enyhe (SGL1, SGL2, SGF1 és SGF2) és egy felmelegedési horizont (SGS1) mutatható ki. A felmelegedési horizont egyértelműen az MIS 7e interglaciális időszakot jelöli, a kronosztratigráfiai korreláció alapján pedig az SGL1 réteg enyhe horizontja a MIS 7a interglaciálishoz köthető. A szelvény sajátossága, hogy a mélyebb részei szubakvatisz képződésűek, így ott a zárt vegetáció aránya nem volt megállapítható. A szelvény felső részén viszont igen. Az atyavári (šarengradi) szelvény esetén a zárt vegetáció részaránya végig alárendelt szerepű, inkább a nyílt vegetáció volt az uralkodó. Igen alacsony szintű erdőborítás jelentkezett a szelvény legfelső horizontjában, valamint a felmelegedési periódusban. Ellenben a hűvös klímát jelző horizontokban a zárt vegetáció aránya megnövekszik, de így is alárendelt helyzetű marad.



34. ábra – A középső-pleisztocén korú atyavári (šarengradi) szelvény és a veresmarti (zmajevaci) szelvény középső-pleisztocén szakaszának paleoökológiai eredményei a malakológiai vizsgálatok alapján

A veresmarti (zmajevaci) szelvény alsó két horizontja közül a felső nem tartozik kimondottan a középső-pleisztocénbe, de mivel kronosztratigráfiaileg valószínűleg az MIS 5a interstadiálishoz köthető, ezért a többi szelvénnel közös szakasszal nem rendelkezik. A horizont az interstadiálisnak megfelelően enyhe klimatikus viszonyokat jelöl, meglepően nagy zárt vegetáció részaránnyal. A második horizont kronosztratigráfiaileg az MIS 7a interglaciális időszakra tehető, ennek megfelelően a malakológiai anyagában is nagyobb

---

arányban fordulnak elő melegkedvelő fajok. Emellett viszont ez a horizont is igen magas zárt vegetációs részarányal bír. A mindhárom horizontban rekonstruált kimagasló erdősültségi fok talán egy erdőrefúgiumot sejtet a veresmarti (zmajevaci) területen.

A paleoökológiai horizontok áttekintése alapján, a kronosztratigráfiai korreláció ellenére is meglehetősen változatos környezeti körülmények kifejlődéséről beszélhetünk a vizsgált szelvények esetében. Ugyanis ha a globális trendeket vesszük figyelembe, még ha nem is egységes, de hasonló kifejlődésű paleoökológiai rendszerek kifejlődését kellene látnunk a fenti ábrákon (33. és 34. ábra). Ezzel szemben egy teljesen más, változatos, egyedi paleoökológiai rendszer, ún. lokális séma (Sümei, 1996b, 2001, 2005) épült ki az összes vizsgált szelvény esetén, melyek között bár vannak összefüggések, de alapvetően egy adott szelvényre és a körülötte lévő szűkebb területre jellemzőek. Emellett a fenti ábrákból az is kiviláglik, hogy az erdőborítás átlagosan a hűvös klímahorizontokban volt a legmagasabb, és a felmelegedések, valamint a lehűlések során volt a legalacsonyabb. A hűvös klíma hatására megnövekvő páratartalom a zárt növénytakaró részarányának növekedésével jár (Sümei, 2005; Molnár et al., 2011). Viszont a túl hideg vagy túl meleg klíma nem kedvez a fás vegetációk nagyarányú kifejlődésének, ezekben az időszakokban inkább a nyílt vegetáció jelentős részaránya figyelhető meg.

A dolgozat bevezetőjében hat lényeges kérdés szerepel, melyek megválaszolására történtek a fentebb részletezett vizsgálatok. A kérdések a malakológiai anyaghoz, az üledéktanhoz és a kronosztratigráfiához köthetők, megválaszolásuk az alábbiakban történik.

Az első kérdés arra vonatkozott, hogy a vizsgált szelvények mutatnak-e bármiféle hasonlóságot, vagy egységesítő jelleget, és ha igen, melyek lehetnek azok. A kérdés javarészt az előző bekezdésben tisztázódott, azaz a vizsgált szelvények paleoökológiai értelemben alapvetően különböznek egymástól. Azonos időszakokban más és más környezeti kondíciók alakultak a vizsgált területeken, így elmondható, hogy a Kárpát-medence többi részéhez hasonlóan (Sümei, 1995, 1996b; Sümei & Krolópp, 1995, 2002; Sümei & Hertelendi, 1998) a környezeti mozaikosság a Dunántúl délkeleti részén és Horvátország keleti részén is jelen volt a középső- és felső-pleisztocén során. Bár néhány paleoökológiai horizont mutat hasonlóságot egymással (az MIS 2 és MIS 3 időszakokban kialakult hűvös/hideg és enyhe/meleg klímaviszonyok), de a növényborítása ezeknek a horizontoknak különböző volt.

A második kérdés a Duna földrajzi/ökológiai gát (barrier) és ökológiai folyosó (korridor) szerepével kapcsolatos, azaz a Duna jobb és bal partján azonos időhorizontokban kifejlődhettek-e azonos, vagy nagyon hasonló csigapopulációk. A vizsgált szelvények malakológiai anyagát a Duna bal parti szelvények, Katymár (Sümei, 2007), Madaras

---

(Hupuczi, 2012) és Cservenka (Črvenka) (Sümegei et al., 2012b) malakofaunájával vettem össze. Mindhárom szelvény esetén megfigyelhető a melegkedvelő *Pupilla triplicata* faj erősödő dominanciája a 25.000 cal BP évnél idősebb horizontokban, ami Madaras és Cservenka (Črvenka) esetén a tágtűrészű *Vallonia costata* növekvő dominanciájával társul. Ez a dominancia pár megtalálható a villánykövesdi, a mázai, a szálkai szelvényben és a veresmarti (zmajevaci) szelvény első malakológiai horizontjában (5., 11., 17. és 29. ábra), szintén kb. 25.000 cal BP évtől kezdve. A villánykövesdi szelvény esetén azonban a holocénig követhetők az erős dominanciák. A madarasi szelvény 22.000 cal BP évnél fiatalabb malakológiai horizontjaiban a *Succinella oblonga*, *Trochulus hispidus*, *Vallonia tenuilabris* és *Columella columella* fajok magas dominanciája figyelhető meg. Nagyon hasonló dominancia viszonyok tapasztalhatók a Máza, téglagyári szelvény hasonló korú malakológiai horizontjaiban, de itt kiegészül a malakofauna a *Pupilla muscorum* jelentős dominanciájával. A *S. oblonga* kivételével hasonló dominancia helyzet figyelhető meg a katymári szelvényben is. A madarasi és a katymári szelvények legidősebb részei kb. 35.000 cal BP évesek, így az idősebb populációk összevetéséhez a cservenkai (črvenkai) szelvény malakológiai adatait használhatjuk. Az idősebb horizontokban a *P. triplicata*, a *V. costata* és a *Helicopsis striata* fajok dominancia értékei bizonyulnak a legjelentősebbnek, ahogyan ez megfigyelhető a villánykövesdi és a mázai szelvény esetében, valamint részben a szálkai szelvényben is. A veresmarti (zmajevaci) szelvény második horizontjának fajösszetétele részben megegyezik a cservenkai (črvenkai) szelvény malakofaunájával. A *Cochlicopa lubricella*, *P. triplicata*, *Chondrula tridens* és *V. costata* mindkét szelvény hasonló korú (kb. 60.000 cal BP év) horizontjaiban jelentősebb dominanciával vannak jelen. Ezekből az összefüggésekből világosan kitűnik, hogy a Duna jobb partján és bal partján hasonló időszakokban kialakult malakofaunák között van kapcsolat, a saját mikrokörnyezetére jellemző fajokon felül adott fajcsoportok feltűnnek mindkét parton. Ennek két oka lehet. Az egyik a Duna, mint földrajzi/ökológiai barrier nem működött, sőt a folyó inkább ökológiai folyosóként elősegítette e fajok elterjedését. A másik pedig az, hogy ezeknek a fajoknak az ősei még a Duna jelenlegi medrének kialakulása előtt szétszóródtak, majd a recens Duna meder kialakulása után elszigetelten fejlődtek tovább.

A harmadik kérdés egy adott csigafaj refúgium területének kijelölhetősége volt, azaz, hogy csupán egy adott szelvény malakológiai dominancia viszonyai alapján meg lehet-e ezt határozni. Végignézve a vizsgált szelvények dominancia ábráit (5., 11., 17., 23. és 29. ábra) és felelevenítve a refúgium terület meghatározását (ahol egy faj még a számára kedvezőtlen éghajlati és környezeti körülmények között is megtalálható) egyértelműen látható, hogy a villánykövesdi szelvényben keresendő a megoldás (5. ábra). A *Pupilla triplicata* néhány

---

mintától eltekintve minden vizsgált mintában megtalálható volt, átlagosan mintegy 30-40%-os dominanciával. Összevetve a *P. triplicata* környezeti igényeit (termofil, száraz, nyílt vegetációt kedvelő) a villánykövesdi szelvényben rekonstruált paleoökológiai horizontokkal látható, hogy az alapvetően enyhe lokális környezeti körülmények jelenthették azt a tényezőt, ami miatt a *P. triplicata* faj refúgium területévé válhatott ez a terület.

A negyedik kérdés a különböző szelvényekben megtalálható csigapopulációk abundanciájának változásáról szól, azaz milyen folyamatok hathatnak az abundancia alakulására. Tudvalevő, hogy a csigafajok mintánkénti darabszáma a löszrétegekben magas, a paleotalaj rétegekben pedig alacsony, rosszabb esetben nulla. A folyamat, amelyhez az alacsony egyedszám köthető, az a talajképződés miatt a talajosodott szintben történő karbonát beoldódás (dekarbonizáció), amely hatására a karbonátok, és az őket alkotó elemek oldatba kerülnek, és eltávoznak a talajosodott szintből (Dokuchaev, 1879; Ding et al., 2001). A csigahéjak többsége karbonát (kalcit vagy aragonit) alapú (Soós, 1943), így az adott talajosodó üledékréteg karbonáttartalmával együtt a csigahéjak is beoldódhatnak, és anyaguk elvándorolhat. A talajszintek alatt megtalálható karbonát akkumulációs zónákban azonban már csak az őket alkotó karbonát csapódik ki, így a héjak gyakorlatilag megszűnnek létezni. Tehát a fő tényező a talajszintekben a dekarbonizáció, azonban bizonyos posztgenetikus folyamatok (mállás) hatására a szelvény teljes malakológiai anyagának abundanciája módosulhat. Így a nem pedogenezishez köthető mállási folyamatok a löszrétegek malakofaunájára is hatással lehetnek. A mállottság főként a lokális klimatikus hatásokkal áll összefüggésben, túlnyomórészt a csapadékmennyiséggel. Ezért mállottabb löszrétegek esetén nagyobb csapadékbevitelre lehet következtetni. Mivel a kalcit enyhén savas és semleges pH-n mállik, így megfelelő mennyiségű beszivárgó csapadékvíz is elindíthatja a csigahéjak beoldódását. Ez természetesen a mintánkénti darabszámra is jelentős hatással van, mint pl. a száalkai szelvény esetén, ahol egy intenzíven mállott szelvényt sikerült rekonstruálni gyér fosszília tartalommal.

Az ötödik kérdés arra vonatkozott, hogy lehetséges-e egy szelvényt korrelálni más szelvényekhez úgy, hogy nem rendelkezik abszolút koradatokkal. Erre példa úgyszintén a száalkai szelvény, ugyanis a meglehetősen gyér fosszília tartalma miatt nem történt radiokarbon kormeghatározás a szelvényen (15. ábra). Más szelvényekhez a litológiai tulajdonságai, az üledéktani eredményei vagy a malakofaunája segítségével korrelálható. A száalkai szelvény litológiai felépítése jelentősen eltér a többi szelvény felépítésétől, legnagyobb hasonlóságot a mázai szelvénnel mutat (9. és 15. ábra), de itt is lényeges különbségek vannak az egyes paleotalaj rétegek elhelyezkedésében. A másik opció az üledéktani vizsgálatok eredménye. A száalkai szelvény az öt vizsgált szelvény közül a

---

legmállottabb, mutatói épp ezért igen nehezen párhuzamosíthatók a többi szelvény hasonló mutatóival. Kivétel talán az MS görbe, ugyanis csupán ennek a segítségével összevethetők egymással a különböző lösz-paleotalaj szelvények (Kukla et al., 1980; Kukla, 1987; Zhou et al., 1990). A szátkai szelvény MS görbéje (16. ábra) a villánykövesdi és a mázai szelvény görbéivel (4. és 10. ábra) mutat hasonlóságot, így feltételezhető, hogy azonos időszakban keletkeztek. Emellett a malakológiai anyag, a dominancia viszonyok alakulása is a segítségünkre lehet egy ilyen korreláció során. Adott fajok dominancia viszonyainak alakulása több szelvényben egy adott időszakon belül hasonló lehet. Ilyen pl. a szátkai, villánykövesdi, mázai és veresmarti (zmajevaci) szelvények esetén a *P. triplicata* és esetlegesen a *V. costata* fajok fokozatosan növekvő dominanciája a kb. 25.000 cal BP évnél idősebb rétegekben (ld. fentebb). Tehát elmondható, hogy ha egy szelvény nem is rendelkezik abszolút koradatokkal, de malakológiai vizsgálat és MS mérés történik rajta, akkor jó eséllyel korrelálható lesz más, abszolút koradatokkal rendelkező szelvénnyel.

Az utolsó, hatodik kérdés pedig arra vonatkozott, hogy egy szelvényen elvégzett multi-proxy vizsgálat sorozat mennyit tud hozzátenni a malakológiai vizsgálat eredményeihez. A malakológiai vizsgálattal egy adott szelvény szűkebb környezetének változásait rekonstruálhatjuk. Ilyenek a hőmérsékleti viszonyok, a növényborítás és a páratartalom. E három adat segítségével komplex paleoökológiai rekonstrukció készíthető, de néhány fontos tényezőt érdemes ezen felül is figyelembe venni. Magára az üledékre ható folyamatokról, és a fossziliákat beágyazó üledék képződési körülményeiről nem tudunk meg információkat a malakológiai vizsgálat során. A szervesanyag és karbonáttartalom vizsgálatok az üledék mállottságáról adnak információt, valamint jelzik a dekarbonizációs szinteket is. A szemcseösszetételi vizsgálat a mállás intenzitásáról szolgáltat információkat, ezen keresztül a területre hulló csapadékmennyiségről. Emellett a durvább frakciók (finomhomok, 63-125  $\mu\text{m}$ ) arányának változása az üledékképződés során fennálló lég-, illetve vízáramlási energiaviszonyok alakulását jelzi. Az MS vizsgálat a mállott, talajosodott horizontok kijelölésére szolgál, valamint kiválóan alkalmazható több szelvény korrelációja esetén. A geokémiai főelem vizsgálat a mállott horizontok elkülönítésére, a mállás intenzitásának meghatározásra szolgál. Tehát a multi-proxy vizsgálatokkal kiegészítve a malakológiai vizsgálatok eredményeit egy jóval árnyaltabb, sokrétűbb paleoökológiai rekonstrukció létrehozására lehetünk képesek, egy teljesebb képet hozva létre az üledékképződés idején fennálló környezeti-klimatikus viszonyokról.



---

## 6. Összefoglaló

A doktori dolgozat öt magyar és horvát lösz-paleotalaj szelvény kvartermalaoklógiai és paleoökológiai vizsgálatait mutatja be. A három magyarországi (Villánykövesd, Máza és Szálka), valamint a két horvát (Atyavár/Šarengrad és Veresmart/Zmajevac) szelvényen ún. multi-proxi vizgálatsorozat keretében a malakológiai vizgálaton felül több, a fosszíliákat beágyazó üledék képződésére, posztgenetikus változásaira irányuló vizgálat történt. A szervesanyag és karbonáttartalom vizgálat, a szemcseösszetételi vizgálat, a mágneses szuszceptibilitás vizgálat és a geokémiai főelem tartalom vizgálat célja egy teljesebb, átfogóbb képet adni a vizgált lösz-paleotalaj szelvények képződési körülményeiről, a fennálló öskörnyezeti kondíciókról.

A szelvények eredményeit sorra véve a villánykövesdi szelvény vizgálatai egy jól fejlett paleotalaj szintekkel tagolt, enyhén mállott löszrétegekkel jellemezhető szelvényt mutattak ki, jelentős fosszíliatartalommal. A mért abszolút koradatok alapján a szelvény egésze a felső-pleisztocén során képződött. A szelvény 65 mintájából előkerült, mintegy 11.600 héj meghatározása alapján túlnyomórészt a termofil fajok voltak a meghatározók a szelvény képződése idején. A malakológiai horizontok alapján enyhe klímaviszonyokat rekonstruáltunk, amelyeket egy felmelegedési és egy kisebb lehűlési horizont szakít meg a szelvényben. A zárt vegetáció részaránya végig alárendelt a szelvény mentén, egy jelentősebb csúcspont volt csak kimutatható. A malakofauna összetételéből világosan látható, hogy egy faj, a melegkedvelő, xerofil, sztyeppei környezetet kedvelő *Pupilla triplicata* dominanciája kimagasló, szinte minden mintában előfordul, több helyen meghatározó mennyiségben. Ezek alapján a villánykövesdi szelvény környezete a *P. triplicata* felső-pleisztocén refúgiumának tekinthető.

A második lösz-paleotalaj szelvény Máza település közelében található. A szelvényen végzett üledéktani vizgálatok kimutatták, hogy a szelvény anyaga kevésbé mállott löszből, valamint gyengén és jól fejlett paleotalaj rétegekből áll. A kisebb mállottsági fok talán a szelvényben rekonstruált hűvösebb klímaviszonyoknak köszönhető. A szelvény teljes szakasza a villánykövesdihez hasonlóan a felső-pleisztocénbe esik. A szelvény 72 mintájából előkerült 15.600 csigahéj malakológiai vizgálatai alapján egy jóval hűvösebb klímaviszonyokkal jellemezhető környezetet sikerült rekonstruálni. A malakológiai horizontok alapján három enyhébb, négy hűvösebb és két hideg klímahorizontra lehetett felosztani a mázai szelvényt. Az erdőborítás a szelvényben szintén nem számottevő, legnagyobb arányát a hűvös klímahorizontokban figyelhattuk meg.

---

A harmadik magyarországi szelvény Szálka község közelében található. Az üledéktani vizsgálatok alapján a szelvény anyagát súlyos posztgenetikus hatások érték, ami miatt a vizsgált szelvények közül ez tekinthető a legmállottabbnak. Az erőteljes karbonát beoldódás hatására meglehetősen gyér malakofaunával jellemezhető a szálkai szelvény. A gyér egyedszám ellenére azonban így is három malakológiai horizontot sikerült rekonstruálni a szelvényben, melyek egy enyhe és két hűvös klímahorizontot jelölnek. Az erdőborítás a három magyar szelvény közül talán ezen a területen volt a legmagasab. A szelvényen abszolút kormeghatározás nem történt, de a geokronológiai korreláció segítségével a teljes szelvényt a felső-pleisztocénbe sorolhatjuk.

A horvátországi szelvények közül az első az atyavári (šarengradi) szelvény. Üledéktani elemzése kettős kifejlődést tártak fel, a szelvény alsó része fluviális üledékképződés során alakult ki, míg a felső rész eolikus üledékkumuláció eredménye. A fluviális divízióban állóvízi és mozgóvízi környezetet egyaránt sikerült rekonstruálni. A kettős kifejlődést a malakofauna is jelzi, a fluviális divízióban túnyomórészt édesvízi fajokkal találkozhatunk, az eolikus részen pedig szárazföldi fajok a jellemzők. Mivel a szelvény megmintázott szakasza a középső-pleisztocénre esik, így néhány különlegesebb csigafaj is előkerült az 52 mintában talált 3450 egyedből. Emellett a szelvényt a malakológiai anyaga alapján hat klímahorizontra lehetett tagolni, melyek közül kettő hűvös, három enyhe és egy felmelegedési időszak volt. Ezek alapján a szelvény képződése idején túnyomórészt enyhe klimatikus körülmények jelentkezhettek. Az atyavári szelvény erdőborítása az eolikus szelvényt a középső-pleisztocénre esik, így néhány különlegesebb csigafaj is előkerült az 52 mintában talált 3450 egyedből. Emellett a szelvényt a malakológiai anyaga alapján hat klímahorizontra lehetett tagolni, melyek közül kettő hűvös, három enyhe és egy felmelegedési időszak volt. Ezek alapján a szelvény képződése idején túnyomórészt enyhe klimatikus körülmények jelentkezhettek. Az atyavári szelvény erdőborítása az eolikus szelvényt a középső-pleisztocénre esik, így néhány különlegesebb csigafaj is előkerült az 52 mintában talált 3450 egyedből.

A második horvát szelvény Veresmart (Zmajevac) közelében helyezkedik el. Három mintavételi horizontból történt mintavétel, melyek a szelvény felső, középső és alsó részén helyezkednek el. A szelvény meglehetősen magas, így az abszolút koradatok alapján a felső- és a középső-pleisztocén kifejlődésekből is sikerült mintákat gyűjteni. A három mintavételi horizont üledéktani vizsgálata alapján gyengén mállott löszrétegek és jól fejlett paleotalaj rétegek alkotják a vizsgált szakaszt. A mintavételi horizontokban tapasztalható kálium-nátrium arány ingadozás az erőteljes növényborítottsággal függhet össze. Ahogyan az is, hogy a veresmarti (zmajevaci) szelvényben tapasztalható a legnagyobb erdőborítási arány, mind a felső-, mind a középső-pleisztocén horizontokban. Ez a jelenség akár egy erdőrefúgium jelenlétét is magyarázhatja a vizsgált időszakokban. A szelvény másik érdekessége a meglehetősen ritka *Pseudofusus varians* megjelenése a középső-pleisztocén horizontban, valamint a „*Vallonia tenuilabris* jelenség”. Ugyanis a hidegkedvelő *V. tenuilabris* jelentős dominanciával jelenik meg felmelegedési és enyhe klímahorizontokban is, amely arra enged következtetni, hogy ez a faj élőhely (habitat) váltáson ment keresztül.

---

Látható, hogy több szelvény azonos időhorizontot fed le, de a rajtuk rekonstruált paleoökológiai eredmények mindegyik lelőhelynél különböző környezeti körülményeket mutattak. A malakofaunák összetétele is mutat egyezőségeket, és nem csak a vizsgált szelvények, hanem más, a Duna bal partján található szelvényekkel is, bizonyítván azt, hogy a Duna, mint ökológiai gát nem gátolta a csigafajok elterjedését. Továbbá sikerült egy faj refúgiumterületét is meghatározni, a *P. triplicata* esetében Villánykövesd környékén. Láthattunk erősen mállott szelvényeket, ahol a posztgenetikus hatások a csigafajok egyedszámára is jelentős hatással voltak. Kiderült, hogy abszolút koradatok híján hogyan kivitelezhető egy szelvény kronosztratigráfiai korrelációja egyéb vizsgálati eredmények segítségével. Végül a multi-proxy vizsgálatok jelentőségére is fény derült, segítségükkel egy jóval árnyaltabb paleoökológiai rekonstrukció létrehozására lehetünk képesek, ami egy teljesebb képet ad az üledékképződés során fennálló környezeti és klimatikus viszonyokról.

---

## 7. Summary

This Ph.D. thesis represents Quaternary malacological and paleoecological results of five different loess-paleosol sequences from Hungary and Croatia. On three Hungarian (Villánykövesd, Máza, and Szálka) and two Croatian (Šarengrad and Zmajevac) sites so-called multi-proxy analyses were carried out to uncover the malacological changes and various postgenetic impacts on the sediment itself. The examinations were organic matter and carbonate content analysis, grain-size distribution analysis, magnetic susceptibility analysis, and geochemical major element content analysis. The aim of this analysis-series was to reconstruct a comprehensive view of the deposition of loessy sediments and paleoecological conditions.

Taking the sequences one by one the first is Villánykövesd. The sedimentological examinations yielded slightly weathered loess layers dissected by well developed paleosols, well fossiliferous. On the basis of absolute age data the whole sequence was deposited during the Late Pleistocene. After identifying 11,600 shells of 65 samples it can be said thermophilous species were the majority during the deposition of sediments. The malacological horizon based paleoecological zones made up of mild climatic conditions interrupted by a cooler and a warm period. The percentage of forest covering was ancillary to the open vegetation, only one peak in percentage could be reconstructed. The malacological results indicate the high dominance of one species, the warmth loving, xerophilous, and open vegetation dweller *Pupilla triplicata*. Shells of *P. triplicata* came to light from almost every sample. On the basis of the dominance values in almost every sample it can be said the *P. triplicata* has its Late Pleistocene refuge area around Villánykövesd.

The loess-paleosol sequence no.2 is located in the area of Máza village. The sedimentological analyses yielded slightly weathered loess layers and weakly and well developed paleosols in the section. All of the layers, even the loess were highly fossiliferous. The slight weathering can be caused by cooler climatic conditions. The entire sequence was developed during the Late Pleistocene. All 72 samples of the section contained roughly 15,600 specimens indicating much cooler climatic periods than in Villánykövesd. Employing the malacological horizons 3 mild, 4 cool and 2 cold paleoecological zones can be reconstructed. The percentage of forest covering was not significant, higher percentages emerged at the cool paleoecological zones.

The 3<sup>rd</sup> Hungarian sequence is located in the vicinity of Szálka village. The material of this sequence was suffered heavy postgenetic impacts which resulted in heavily weathered loess and paleosol layers. Owing to the intensive carbonate dissolution the abundance of the

---

Mollusc fauna is surprisingly low. Despite of low abundance three paleoecological zones can be elaborated in the sequence, two cool and a mild. The percentage of forest covering may be the highest among the Hungarian sequences. Although Szálka section do not possess any age data it can be correlated with the other sequences and can be classified to the Late Pleistocene.

The first Croatian sequence is located around Šarengrad village. The sedimentological results uncovered two accumulation systems during the deposition. The lower part of the section has fluvial origin, the upper part is aeolian. At the fluvial part both still and moving water environments could be reconstructed. The two accumulation systems are even designated by the Mollusc fauna, the lower part it contained mostly freshwater species, at the upper part terrestrial species took over place. The sampled part of the sequence is correlated to the Middle Pleistocene, therefore some special Mollusc species came to light from the 3450 specimen containing 52 samples. Moreover the sequence was dissected into six paleoecological zones on the basis of its Mollusc fauna. From the paleoecological zones two represent cool, 3 of them mild and one of them warm climatic period. The percentage of forest cover is the lowest among the 5 analyzed sequences.

The other Croatian sequence can be found near to Zmajevac village. Three sampling horizons were elaborated at the top, the middle, and the bottom parts of the sequence. By determined age data Zmajevac sequence comprehends both the Late and Middle Pleistocene because of its highness. The fulfilled sedimentological analyses determined weakly weathered loess and well developed paleosol layers in all sampling horizons. The fluctuation in K/Na ratio may be caused by the changing vegetation cover percentage. Besides the highest forest cover percentage can be observed even in Zmajevac sequence. This could designate a forest refuge in Zmajevac area during the Late and Middle Pleistocene. Other interests of Zmajevac the appearance of *Pseudofusulus varians*, a scarce Middle Pleistocene species, moreover the “*Vallonia tenuilabris* phenomenon”. The cold loving *V. tenuilabris* appears with high dominance in mild and warm paleoecological zones as well, which implies this species went through a habitat change.

Obviously some of the investigated sequences cover the same time horizons, but their paleoecological results are completely different, showing various environmental conditions.

The Mollusc fauna compositions also indicate similarities to each other and with some other sequences at the left bank of the Danube River. This confirms that the Danube had not functioned as an ecological barrier and did not encumber the spreading of Mollusc species.

Furthermore Late Pleistocene refuge area of *P. triplicata* was determined in the vicinity of Villánykövesd.



---

Besides it came to light the heavy weathering could ruin the Mollusc fauna in a sequence causing significant decline in abundance.

Without any age data a sequence can be even correlated to other sections using some other (MS, malacology) methods.

Finally the benefits of multi-proxy analyses came to light. By the help of these methods the accomplished paleoecological reconstruction can be more precise and versatile showing more comprehensive view of the environmental conditions during the sediment accumulation.

---

## 8. Köszönetnyilvánítás

A dolgozat elkészítésében elsősorban témavezetőmet, Prof. Dr. Sümegi Pált illeti köszönet, az ő témaszeretete és profizmusa inspirált abban, hogy a malakológiát válasszam kutatási témámként, emellett jó tanácsai, ötletei és lelkiismeretes témavezetése segítette ennek a dolgozatnak a megszületését.

Köszönettel tartozom a családomnak, különösen nagyapámnak a természetszeretetem és a tudományos érdeklődésem kialakulásáért.

Köszönettel tartozom azoknak a jelenlegi és volt kollégáknak, akik segítségemre voltak a terepi és labormunkáim során. Fekete Istvánnak és Sümegi Balázsnak a laborban nyújtott segítségükért, Dr. Hupuczi Júliának a malakológiai anyag határozásában nyújtott segítségéért, Csökmei Bálintnak, Dr. Páll Dávid Gergelynek és Veres Zsoltnak a terepi mintagyűjtések alkalmával nyújtott segítségükért, és a felejthetetlen pillanatokért.

Továbbá köszönettel tartozom a Földtani és Őslénytani Tanszék minden jelenlegi és volt dolgozójának, akik valamilyen módon segítségemre voltak az évek során. Különösképp köszönettel tartozom Barkócziné Katikának a gazdasági útvesztőben való navigálásomért, Dr. Geiger Jánosnak az iszapolás közbeni kellemes pillanatokért és a doktori szigorlatomon való közreműködéséért, Dr. Náfrádi Katának a számos jó tanácsért, önzetlenségéért és a doktori szigorlatom során mutatott lelkiismeretes jegyzői munkájáért, valamint Dr. Gulyás Sándornak a bátorító szavakért és az örök optimizmusért.

Végül, köszönettel tartozom Szilvinek, aki nélkül ez a dolgozat nem született volna meg. Köszönet a malakológiai vizsgálatokban nyújtott segítségéért, valamint a bátorításáért, amikor elbizonytalanodtam és a türelméért a nehezebb napjaimon.

---

## 9. Irodalomjegyzék

- An, Z.S., Liu, T.S., Lu, Y.C., Porter, S.C., Kukla, G., Wu, X., Hua, Y.M. (1990): *The long-term paleomonsoon variation recorded by the loess-paleosol sequence in Central China*, Quaternary International, 7/8, 91-95
- Ant, H. (1963): *Faunistische, ökologische und tiergeographische Untersuchungen zur Verbreitung der Landschnecken in Nord-westdeutschland*, Abhandlungen aus dem Landesmuseum für Naturkunde zu Münster in Westfalen, 25, 1-125
- Bába K. (1966): *A Tisza hullámterének puhatestűi Algyő és Szeged között*, Szegedi Tanárképző Főiskola Tudományos Közleményei, 11, 91-98
- Bába K. (1994): *Adatok Csongrád megye (Dél-Alföld) gyepeinek állatföldrajzi viszonyaihoz a csigák alapján*, Malakológiai Tájékoztató, 13, 81-90
- Bartha F. (1964): *Biosztratigráfiai vizsgálatok a Dolog-Esztergomi-medence pleisztocén kori képződményein*, MÁFI Évi Jelentése 1961-ről, 407-416
- Bennett, K.D. (1992): *PSIMPOLL – a quickBASIC program that generates PostScript page description files of pollen diagrams*, INQUA Commission for the study of the Holocene: working group on data handling methods, Newsletter, 8, 11-12
- Björck, S., Walker, M.J.C., Cwynar, L.C., Johnsen, S., Knudsen, K.L., Lowe, J.J., Wohlfarth, B., and intimate members (1998): *An event stratigraphy for the Last Termination in the North Atlantic region based on the Greenland ice-core record: A proposal by the INTIMATE group*, Journal of Quaternary Science, 13, 283-292
- Bohn, H.L., McNeal, B.L., O'Connor, G.A. (1985): *Talajkémia*, Mezőgazdasági Kiadó – Gondolat Kiadó, Budapest, pp. 363
- Bokhorst, M.P., Vandenberghe, J., Sümegi, P., Łanczont, M., Gerasimenko, N.P., Matviishina, Z.N., Marković, S.B., Frechen, M. (2011): *Atmospheric circulation patterns in central and eastern Europe during the Weichselian Pleniglacial inferred from loess grain-size records*, Quaternary International, 234, 62-74
- Boycott, A.E. (1934): *The habitats of land Mollusca in Britain*, Journal of Animal Ecology, 22, 1-38
- Braun, A. (1847): *Löss bei Krakau und an der Donau; Binnen-Konchylien darin*, Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Peterfakten-Kunde 1847, 49-54
- Bronger, A. (2003): *Correlation of loess-paleosol sequences in East and Central Asia with SE Central Europe: towards a continental Quaternary pedostratigraphy and paleoclimatic history*, Quaternary International, 106-107, 11-31
- Buggle, B., Glaser, B., Hambach, U., Gerasimienko, N., Marković, S.B. (2011): *An evaluation of geochemical weathering indices in loess-paleosol studies*, Quaternary International, 240, 12-21
- Cresser, M., Killham, K., Edwards, T. (1993): *Soil chemistry and its implications*, Cambridge University Press, Egyesült Királyság, pp. 192
- Czigány Sz. (1997): *A beremendi löszfeltárás vizsgálata*, Földrajzi Értesítő, 46/1-2, 97-103
- Dean, W.E. (1974): *Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods*, Journal of Sedimentary Petrology, 44, 242-248

- 
- Ding, Z.L., Sun, J.M., Yang, S.L., Liu, T.S. (2001): *Geochemistry of the Pliocene red clay formation in the Chinese Loess Plateau and implications for its origin, source provenance and paleoclimate change*, Acta Geochimica et Cosmochimica, 65, 901-913
- Ding, Z.L., Derbyshire, E., Yang, S.L., Sun, J.M., Liu, T.S. (2005): *Stepwise expansion of desert environment across northern China in the past 3.5 Ma and implications for monsoon evolution*, Earth and Planetary Science Letters, 237, 45-55
- Dokuchaev, V.V. (1879): *Chernozem (black earth) of European Russia*, Société Imperiale Libre   conomique Trenke & Fusnot, St. Petersburg, pp. 66
- Fényes J. (1981): *A Duna-Tisza k  zi   zeges tavak fejlődéstörténete Mollusca-fauna vizsgálata alapján*, Doktori Disszertáció (kézirat), József Attila Tudományegyetem, Szeged, pp. 69
- Filep Gy., F  lekgy Gy., Stefanovics P., (2010): *Talajtan*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 470
- F  k  h L. (1978): *  szak-magyarországi barlangok holocén üledékeinek malakofaunisztikai vizsgálata*, Doktori értekezés (kézirat), Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen, pp. 65
- F  k  h L. (1990): *A magyarországi holocén Mollusca-fauna fejlődéstörténete az elmúlt t  ezer   v során*, Kandidátusi értekezés (kézirat), Mátra Múzeum, Gyöngyös, pp. 118
- F  k  h L., Krolopp E. (2004): *Magyarország negyedik  szaki malakológiai bibliogr  fi  ja (1883-2002)*, Malakológiai Tájékoztató, 22, 5-38
- Gallet, S., Jahn, B., Torii, M. (1996): *Geochemical characterization of the Luochuan loess-paleosol sequence, China, and paleoclimatic implications*, Chemical Geology, 133, 67-88
- Gallet, S., Jahn, B., Vliet Lanoe, B., Dia, A., Rossello, E. (1998): *Loess geochemistry and its implications for particle origin and composition of the upper continental crust*, Earth and Planetary Science Letters, 156, 157-172
- Galovi  , L., Frechen, M., Halami  , J., Durn, G., Romi  , M. (2009): *Loess chronostratigraphy in Eastern Croatia – A luminescence dating approach*, Quaternary International, 198, 85-97
- Gibbard, P.L., Cohen, K.M. (2008): *Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years*, Episodes, 31, 243-247
- Gocke, M., Hambach, U., Eckmeier, E., Schwark, L., Zöller, L., Fuchs, M., L  scher, M., Wiesenberg, G.L.B. (2014): *Introducing an improved multy-proxy approach for paleoenvironmental reconstruction of loess-paleosol archives applied on the Late Pleistocene Nussloch sequence (SW Germany)*, Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 410, 300-315
- Halav  ts Gy. (1891): *A szegedi k  t art  zi k  t*, M. Kir. Földtani Intézet   vk  nyve, 9, 77-97
- Heer, O. (1865): *Die urwelt der Schweiz*, F. Schultess, Zürich, pp. 622
- Hertelendi E., Sümegi P., Sz   r Gy. (1992): *Geochronologic and paleoclimatic characterization of Quaternary sediments in the Great Hungarian Plain*, Radiocarbon, 34, 833-839
- Hoffmann, M.H., Meng, S., Kosarchev, P.A., Terechina, T.A., Silanteve, M.M. (2011): *Land snail faunas along an environmental gradient in the Altai Mountains (Russia)*, Journal of Molluscan Studies, 77, 76-86
- Hors  k, M., Chytr  y, M., Pokryszko, B.M., Danihelka, J., Ermakov, N., H  jek, M., H  jkov  , P., Kintrov  , K., Koc  , M., Kunesov  , S., Lustyk, P., Ot  pkov  , Z., Pel  nkov  , B., Valachovic, M. (2010): *Habitats of relict terrestrial snails in southern Siberia: lessons for the reconstruction of palaeoenvironments of full-glacial Europe*, Journal of Biogeography, 37, 1450-1462
-

- 
- Horusitzky H. (1903): *A diluviális mocsárlöszről*, Földtani Közlöny, 33, 209-216
- Horusitzky H. (1905): *Előzetes jelentés a Nagy-Alföld diluviális mocsárlöszéről*, Földtani Közlöny, 35, 403-404
- Horusitzky H. (1909): *Újabb adatok a löszről és a diluviális faunáról*, Földtani Közlöny, 39, 135-143
- Horusitzky H. (1911): *A szegedi diluviális faunáról*, Földtani Közlöny, 41, 249-254
- Horváth A. (1954a): *Az alföldi lápok puhatestűiről és az Alföld változásairól*, Állattani Közlemények, 44, 63-70
- Horváth A. (1954b): *A paksi pleisztocén üledékek csigái és értékelésük*, Állattani Közlemények, 44, 171-185
- Hum L. (1998): *Délkelet-dunántúli lösz-paleotalaj sorozatok keletkezésének rekonstrukciója üledéktani, geokémiai és őslénytani vizsgálatok alapján*, PhD értekezés (kézirat), József Attila Tudományegyetem, Szeged, pp. 140
- Hum L. (1999): *Mohácstól délre fekvő fiatal löszszelvények paleoökológiai vizsgálatai*, Malakológiai Tájékoztató, 17, 37-52
- Hum L. (2000): *A Szekszárd volt „Budai úti” téglagyári lösz-paleotalaj sorozat paleoökológiai vizsgálatai*, Malakológiai Tájékoztató, 18, 29-50
- Hum L. (2001): *Délkelet-dunántúli lösz-paleotalaj sorozatok keletkezésének rekonstrukciója őslénytani vizsgálatok alapján*, Földtani Közlöny, 131, 233-251
- Hum L. (2005): *Középső-pleisztocén tufithorizontok megjelenése dunaszekcsői és Mórágyszekcsői löszszelvényekben*, Malakológiai Tájékoztató, 23, 131-148
- Hum L., Sümegi P. (2001): *Dunaszekcsői pleisztocén rétegsorok malakológiai vizsgálatai*, Malakológiai Tájékoztató, 19, 17-27
- Hum L., Horváth Z., Linkai I. (2006): *A villánykövesdi téglagyár Pleisztocén képződményei*, In: Kiss A., Mezősi G., Sümeghy Z. (eds.), Táj, környezet, társadalom, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 305-314
- Hupuczi J. (2012): *Egy egyedülálló dél-alföldi löszszelvény malakológiai vizsgálata és a terület felső-würm paleoklimatológiai rekonstrukciója*, Egyetemi Doktori Értekezés (kézirat), Szegedi Tudományegyetem, Szeged, pp. 113
- Hupuczi J., Sümegi P. (2010): *The Late Pleistocene paleoenvironment and paleoclimate of the Madaras section (South Hungary) based on preliminary records from mollusks*, Central European Journal of Geosciences, 2, 64-70
- Jahn, B., Gallet, S., Han, J. (2001): *Geochemistry of the Xining, Xifeng and Jixian sections, Loess Plateau of China: eolian dust provenance and paleosol evolution during the last 140 ka*, Chemical geology, 178, 71-94
- Jeong, G.Y., Hillier, S., Kemp, R.A. (2011): *Changes in mineralogy of loess-paleosol sections across the Chinese Loess Plateau*, Quaternary Research, 75, 245-255
- Kabata-Pendias, A. (2001): *Trace Elements in Soils and Plants*, CRC Press, Boca Raton-London-New York, pp. 413
- Kadić O. (1925): *Szekszárd, Tevel és Bonyhád környékének földtani viszonyai*, M. Kir. Földtani Intézet Évi Jelentései 1921-24-ről
- Kerney, M.P., Cameron, R.A.D., Jungbluth, J.H. (1983): *Die Landschenken Nord- und Mitteleuropas*, Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin, pp. 384
-



- 
- Kordos L., Krolopp E. (1990): *Alsó-pleisztocén puhatestű és gerinces fauna a Kisalföldről (Halászi, Arak I. sz. fúrás)*, MÁFI Évi Jelentése 1988-ról, 235-244
- Kormos T. (1904): *A Succinea (Lucena) oblonga Drp. eredetéről*, Állattani Közlemények, 3/3, 184-191
- Kormos T. (1905a): *A Dunántúl keleti részének pleisztocénkorú puhatestű faunája*, A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei, 1.1, Paleontológiai függelék, 1, 1-31
- Kormos T. (1905b): *A püspökfürdői és tatai Neritinák kérdéséhez*, Állattani Közlemények, 4, 39-44
- Kormos T. (1906): *A Balatonmelléki diluviális Nritinákról*, Földtani Közlöny, 36, 295-296
- Kormos T. (1909): *Magyarországi új pleisztocén csigák*, Földtani Közlöny, 39, 4-7
- Kormos T. (1910a): *A pleisztocén és postpleisztocén klímaváltozások klímaváltozások bizonyítékai Magyarországon*, A M. Kir. Földtani Intézet Népszerű Kiadványai, 2, 61-68
- Kormos T. (1910b): *Új adatok a Balatonmelléki alsópleisztocén rétegek geológiájához és faunájához*, A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei, 1.1, Paleontológiai függelék, 4, 1-50
- Kretzoi M., Krolopp E. (1972): *Az Alföld harmadkor végi és negyedkori rétegtana az őslénytani adatok alapján*, Földrajzi Értesítő, 21, 133-156
- Kriván B. (1987): *A Szekszárdi-dombvidék felsőpleisztocén löszkavics-komplexumának vizsgálata*, Földtani Közlöny, 117, 261-273
- Krolopp E. (1962): *Die Molluskenfauna der niedrigen Aueterasse im Grundprofil von Szekszárd*, Swiatowit, 24, 203-210
- Krolopp E. (1965): *A hazai pleisztocén malakológiai kutatások eredményei és feladatai*, Őslénytani Viták, 4, 29-36
- Krolopp E. (1966): *A Mecsek hegység környéki löszképződmények biosztratigráfiai vizsgálata*, MÁFI Évi Jelentése 1964-ről, 173-189
- Krolopp E. (1973): *Quaternary malacology in Hungary*, Földrajzi Közlemények, 21, 161-166
- Krolopp E. (1980a): *A Földtani Intézet pleisztocén malakológiai típusanyaga (Pleistocene mollusc type material at the Hungarian Geological Institute)*, MÁFI Évi Jelentése 1978-ról, 359-383
- Krolopp E. (1980b): *Die mittelpleistozane, jungpleistozane und postglaziale Gastropodenfauna der Felsnische Tarkő*, Karszt és Barlangkutatás, 9, 15-38
- Krolopp E. (1981): *Negyedidőszaki sztratotípusaink Mollusca faunája: Kisláng*, MÁFI Évi Jelentése 1979-ről, 477-482
- Krolopp E. (1982): *Negyedidőszaki sztratotípusaink Mollusca faunája: Süttő*, MÁFI Évi Jelentése 1980-ról, 371-380
- Krolopp E. (1983): *A magyarországi pleisztocén képződmények malakológiai tagolása*, Kandidátusi Értekezés (kézirat), Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 160
- Krolopp E. (1990): *Molluscan fauna from Vértesszőlős*, In: Kretzoi M., T.Dobosi V. (eds.), Vértesszőlős-site, Man and culture, Akadémiai Kiadó, Budapest, 163-182
- Krolopp E. (1992): *Negyedidőszaki sztratotípusaink Mollusca-faunája. Solymári Ördöglyuk-barlang*, MÁFI Évi Jelentése 1990-ről, 527-553
-

- 
- Krolopp E. (1995): *Biostratigraphic division of Pleistocene formations in Hungary according to their mollusc fauna*, In: Fűköh L. (ed.), Quaternary malacostratigraphy in Hungary, Malacological Newsletter Suppl. 1, 17-78
- Krolopp E. (2000): *Alsó-pleisztocén Mollusca-fauna a Villányi-hegységből*, Malakológiai Tájékoztató, 18, 51-58
- Krolopp E. (2002): *Pleisztocén Mollusca-faunánk taxonómiai, faunisztikai, rétegtani és paleoökológiai értékelése*, Akadémiai Doktori értekezés (kézirat), Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, pp. 48
- Krolopp E., Sümegi P. (1992): *A magyarországi löszök képződésének paleoökológiai rekonstrukciója Mollusca fauna alapján*, In: Szőőr Gy. (ed.), Fáciesanalitikai, paleobiogeokémiai és paleoökológiai kutatások, MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, Debrecen, 247-263
- Krolopp E., Sümegi P. (1995): *Paleoecological reconstruction of the Late Pleistocene based on loess malacofauna on Hungary*, GeoJournal, 36, 213-222
- Kukla, G. (1987): *Loess stratigraphy in Central China*, Quaternary Science Reviews, 6, 191-219
- Kukla, G., Heller, F., Liu, X.M., Xu, T.C., Liu, T.S., An, Z.S. (1980): *Pleistocene climates in China dated by magnetic susceptibility*, Geology, 16, 811-814
- Leél-Össy S. (1953): *Geomorfológiai megfigyelések Baja és Bátaszék vidékén*, Földrajzi Közlemények, 79/3, 101-114
- Likharev, I.M., Rammelmeier, E.S. (1962): *Land snails of the fauna of the USSR*, Akademia NaukSSSR, Moszkva, pp. 574
- Lisiecki, L.E., Raymo, M.E. (2005): *A Plio-Pleistocene Stack of 57 Globally Distributed Benthic  $\delta^{18}O$  Records*, Paleoceanography, 20, PA1003 1-17
- Liu, T.S., Masuda, A., Okada, A., Yabuki, S., Zhang, J., Fan, Z.L. (1993): *A geochemical study of loess and desert sand in northern China: Implications for continental crust weathering and composition*, Chemical Geology, 106, 359-374
- Lóczy L. (1887): *Jelentés az 1886. év nyarán Arad, Csanád és Temes megyékben eszközölt részletes földtani felvételekről*, M. Kir. Földtani Intézet Évi Jelentése 1886. évről, 99-116
- Ložek, V. (1964): *Quartarmollusken der Tschechoslowakei*, Rozpravy Ústředního ústavu geologického, Praha, 31, pp. 374
- Magyar Szabványügyi Testület (2006): *MSZ 21470-50:2006 Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Az összes és az oldható toxikuselem-, a nehézfém- és a króm(VI)tartalom meghatározása*, Budapest, pp. 33
- Maher, B.A. (1998): *Magnetic properties of modern soils and Quaternary loessic paleosols: paleoclimatic implications*, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 137/1-2, 25-54
- Marković, S.B., Oches, E., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Hambach, U., Zöller, L., Sümegi, P. (2004): *Paleoclimate record in the Late Pleistocene loess-paleosol sequence at Miseluk (Vojvodina, Serbia)*, Quaternaire, 15, 361-368
- Marković, S.B., McCoy, W.D., Oches, E.A., Savić, S., Gaudenyi T., Jovanović, M., Stevens, T., Walther, R., Ivanišević, P., Galić, Z. (2005): *Paleoclimate record in the Upper Pleistocene loess-paleosol sequence at Petrovaradin brickyard (Vojvodina, Serbia)*, Geologica Carpathica, 56/6, 545-552
-

- 
- Marković, S.B., Oches, E., Sümegi, P., Jovanović, M., Gaudenyi, T. (2006): *An introduction to the Middle and Upper Pleistocene loess-paleosol sequence at Ruma brickyard, Vojvodina, Serbia*, Quaternary International, 149, 80-86
- Marković, S.B., Oches, E., McCoy, W., Frechen, J., Gaudenyi, T. (2007): *Malacological and sedimentological evidence for "warm" glacial climate from the Irig loess sequence, Vojvodina, Serbia*, Geochemistry Geophysics Geosystems, 8, 1-12
- Marković, S.B., Bokhorst, M.P., Vandenberghe, J., McCoy, W.D., Oches, E.A., Hambach, U., Gaudenyi T., Jovanović, M., Zöller, L., Stevens, T., Machalett, B. (2008): *Late Pleistocene loess-paleosol sequences in the Vojvodina region, Serbia*, Journal of Quaternary Science, 23, 73-84
- Meijer, T. (1985): *The pre-Weichselian nonmarine molluscan fauna from Maastricht-Belvédère (Southern Limburg, the Netherlands)*, Mededelingen Rijks Geologische Dienst, 39, 75-103
- Merényi L. (1983): *Magyarországi pleisztocén és recens malakológiai bibliográfia*, pp. 116
- Molnár D., Hupuczi J., Galović, L., Sümegi P. (2010): *Preliminary malacological investigation on the loess profile at Zmajevac, Croatia*, Central European Journal of Geosciences, 2/1, 52-56
- Molnár D., Sávai Sz., Hupuczi J., Galović, L., Sümegi P. (2011): *Kelet-horvátországi lösz-paleotalaj sorozatok malakológiai elemzése*, Archeometriai Műhely, 2011/2, 127-136
- Molnár D., Sávai Sz., Fekete I., Sümegi B.P., Sümegi P. (2014): *A Kárpát-medence déli részén található löszszelvények összehasonlító elemzése - előzetes adatok*, In: Sümegi P. (Ed.), Környezetföldtani és környezettörténeti kutatások a dunai Alföldön, GeoLitera Kiadó, Szeged, 121-133
- Mucsi M. (1963): *Finomrétegtani vizsgálatok a kiskunsági édesvízi karbonát képződményekben*, Földtani Közlöny, 93, 373-386
- Munsell, A.H. (1905): *A Color Notation*, G.H. Ellis Company, Boston, pp. 89
- Nesbitt, H.W., Young, G.M. (1989): *Formation and diagenesis of weathering profiles*, Journal of Geology, 97/2, 129-147
- Oros, D.R., Mazurek, M.A., Baham, J.E., Simonett, B.R.T. (2002): *Organic tracers from wild fire residues in soils and rain/river wash-out*, Water, Air, and Soil Pollution, 137, 203-233
- Pécsi M. (1962): *A magyarországi pleisztocénkori lejtős üledékek és kialakulásuk*, Földrajzi Értesítő, 11/1, 19-39
- Pécsi M. (1993): *Negyedkor és löszkutatás*, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 375
- Pécsi M. (1997): *Szerkezeti és vázaltalajképződés Magyarországon*, MTA FKI, Budapest, pp. 296
- Persaids G., Sümegi P. (2011): *A fitolitok szerepe a régészeti geológiai és környezettörténeti minták értékelésében*, In: Unger J., Pál-Molnár E. (eds.), Geoszférák 2010, GeoLitera Kiadó, Szeged, 307-354
- Pye, K. (1995): *The nature, origin and accumulation of loess*, Quaternary Science Reviews, 14, 653-667
- Rotarides M. (1931): *A lösz csigafaunája, összevetve a mai faunával, különös tekintettel a szegedvidéki löszökre*, Állattani Közlemények, 8, pp. 180
- Rotarides M. (1942): *A pleisztocén puhatestű-fauna értékelése*, Földtani Közlöny, 72, 171-180
-

- 
- Rotarides M. (1943): *Pleisztocén puhatestűek meghatározásának módszerei*, Földtani Közlöny, 73, 459-484
- Rotarides M. (1953): *Néhány alföldi lelőhely pleisztocén molluszka faunájának ismertetése*, MÁFI Évi Jelentése 1950-ről, 209-210
- Rousseau, D.D. (1990): *Methods and concepts in european quaternary stratigraphy – introduction to methods for the study of stratigraphical records*, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 80/1, 1-6
- Smalley, I., O'Hara-Dhand, K. (2012): *China: Materials for a loess landscape*, In: Mimica-Dukić, N. (ed.), International Conference on Loess Research, ED@ 80's, Loess in China & Europe, Abstract book, Novi Sad, 21-22
- Soós L. (1943): *A Kárpát-medence Mollusca-faunája*, In: Magyarország természetrajza I. Állattani rész, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 478
- Soós L. (1955-59): *Puhatestűek*, In: Székessy V. (ed.), Magyarország állatvilága – Fauna Hungariae, Akadémiai Kiadó, Budapest, 19. kötet, 1, 2, 3
- Sparks, B.W. (1961): *The ecological interpretation of Quaternary non-marine Mollusca*, Proceedings of the Linnean Society of London, 172, 71-80
- Strausz L. (1942): *Adatok a Dunántúl neogén tektonikájához*, Földtani Közlöny, 72, 40-52
- Stuiver, M., Reimer, P.J. (1993): *Extended 14C data base and revised CALIB 3.0 14C Age calibration program*, Radiocarbon, 35/1, 215-230
- Sümei P. (1989): *A Hajdúság felső-pleisztocén fejlődéstörténete finomrétegtani (üledékföldtani, őslénytani, geokémiai) vizsgálatok alapján*, Egyetemi Doktori Értekezés (kézirat), Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen, pp. 96
- Sümei P. (1995a): *Az utolsó 30.000 év változásainak rekonstrukciója őslénytani adatok alapján a Kárpát-medence centrális részén*, „Berényi Dénes professzor születésének 95. évfordulója” tiszteletére rendezett tudományos emlékülés előadásai, MTA Debreceni Területi Bizottsága, Meteorológiai Munkabizottság és KLTE Meteorológiai Tanszék Kiadványa, Debrecen, 244-258
- Sümei P. (1995b): *Quartermalacological analysis of Late-Pleistocene loess sediments of the Great Hungarian Plain*, In: Fűköh L. (ed.), Quaternary Malacostratigraphy in Hungary, Malacological Newsletter Suppl., 1, 79-111
- Sümei P. (1996a): *A Bátorligeti-láp fejlődéstörténete*, Calandrella, 10, 151-160
- Sümei P. (1996b): *Az ÉK-magyarországi löszterületek összehasonlító öskörnyezeti rekonstrukciója és rétegtani értékelése*, Kandidátusi Értekezés (kézirat), Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen, pp. 120
- Sümei P. (2001): *A negyedidőszak földtanának és öskörnyezettanának alapjai*, JATEPress, Szeged, pp. 262
- Sümei P. (2003): *A régészeti geológia és a történeti ökológia alapjai*, JATEPress, Szeged, pp. 223
- Sümei P. (2004): *Coring and field procedure*, In: Sümei P., Gulyás S. (eds.), The geohistory of Bátorliget marshland, Archaeolingua Press, Budapest, pp. 50
- Sümei P. (2005): *Loess and Upper Paleolithic environment in Hungary*, Aurea Kiadó, Nagykovácsi, pp. 312
-

- 
- Sümei P. (2007): *Magyarország negyedidőszak végi környezettörténete (Az elmúlt 34 ezer év üledékföldtani és malakológiai változásai Magyarországon)*, Akadémiai Doktori Értekezés (kézirat), Szegedi Tudományegyetem, MTA Régészeti Intézet, Szeged-Budapest, pp. 545
- Sümei P. (2011): *Archeomalakológiai vizsgálatok Magyarországon*, Archeometriai Műhely, 8/2, 101-116
- Sümei P., Krolopp E. (1995): *A magyarországi würm korú löszök képződésének paleoökológiai rekonstrukciója Mollusca-fauna alapján*, Földtani Közlöny, 125, 125-148
- Sümei P., Hertelendi E. (1998): *Reconstruction of microenvironmental changes in Kopasz Hill loess area at Tokaj (Hungary) between 15000-70000 BP years*, Radiocarbon, 40, 855-863
- Sümei P., Hertelendi E. (2001): *Negyedidőszak végi éghajlati változások rekonstrukciós lehetőségei őslénytani és izotópgeokémiai módszerekkel Magyarországon*, Acta Geographica, Geologica et Meteorologica Debrecenia, 35, 317-342
- Sümei P., Krolopp E. (2002): *Quartermalacological analyses for modelling of the Upper Weichselian paleoenvironmental changes in the Carpathian Basin*, Quaternary International, 91, 53-63
- Sümei P., Gulyás S. (2004): *The geohistory of Bátorliget marshland*, Archaeolingua Press, Budapest, pp. 366
- Sümei P., Szőör Gy., Hertelendi E. (1991): *Palaeoenvironmental reconstruction of the last period of the Upper Würm in Hungary based on malacological and radiocarbon data*, Soosiana, 19, 17-23
- Sümei P., Dániel P., Kovács-Pálffy P. (2004): *The results of abiotic components analysis*, In: Sümei P., Gulyás S. (Eds.), *The geohistory of Bátorliget Marshland*, Archaeolingua Press, Budapest, 150-154
- Sümei P., Molnár M., Svingor É., Szántó Zs., Hum L., Gulyás S. (2007): *Results of radiocarbon analysis of Upper Weichselian loess sequences from Hungary*, Radiocarbon, 49, 1023-1030
- Sümei P., Molnár D., Hupuczi J. (2009): *Előzetes adatok a horvátországi Baranya-háromszögben található negyedidőszaki képződmények quartermalakológiai elemzéséhez*, Malakológiai tájékoztató, 27, 17-20
- Sümei P., Molnár D., Sávai Sz., Gulyás S. (2012a): *Malacofauna evolution of the Lake Petea (Püspökfürdő), Oradea region, Romania*, Nymphaea, 39, 5-29
- Sümei P., Persaits G., Gulyás S. (2012b): *Woodland-Grassland Ecotonal Shifts in Environmental Mosaics: Lessons Learnt from the Environmental History of the Carpathian Basin (Central Europe) During the Holocene and the Last Ice Age Based on Investigation of Paleobotanical and Mollusk Remains*, In: Myser, R.W. (Ed.), *Ecotones Between Forest and Grassland*, Springer Press, New York, 17-57
- Sümei P., Náfrádi K., Molnár D., Sávai Sz. (2014): *Results of paleoecological studies in the loess region of Szeged-Óthalom (SE Hungary)*, Quaternary International, in press
- Sysoev, A.V., Schileiko, A.A. (2009): *Land snails and slugs of Russia and adjacent countries*, Pensoft, Sofia&Moscow, p. 312
- Szabó J. (1863): *Szekszárd környékének földtani leírása*, Magyarhoni Földtani Társulat Munkálatai, 2, 65-72
- Szabó P.Z. (1957): *Délkelet-Dunántúl felszínfejlődési kérdései*, Földrajzi Értesítő, 6/4, 379-419
-



- 
- Szendrei G. (2000): *Talaj-mikromorfológia*, ELTE-Eötvös Kiadó, Budapest, pp. 220
- Szónoky M. (1963): *A szegedi téglagyár lösz-szelvény finomrétegtani felbontása*, Földtani Közlöny, 93, 235-243
- Szónoky M. (1978): *Biosztratinómiai és fosszilizációs megfigyelések a dél-alföldi infúziós löszök molluszkáin*, Soosiana, 6, 21-26
- Treitz P. (1903a): *Jelentés az 1901-ik év nyarán végzett talajfölvételi munkálatokról*, A M. Kir. Földtani Intézet Évi Jelentése 1901-ről, 120-128
- Treitz P. (1903b): *A Mecsekhegység és a Zengő hegycsoport déli részének agrogeológiai viszonyai*, A M. Kir. Földtani Intézet Évi Jelentése 1902-ről, 127-145
- Tzedakis, P.C., Hooghiemstra, H., Pälike, H. (2006): *The last 1.35 million years at Tenaghi Philippon: revised chronostratigraphy and long-term vegetation trends*, Quaternary Science Reviews, 25, 3416-3430
- Újvári G. (2000): *Három löszfeltárás malakológiai vizsgálata a Nyárád-Harkányi-sík keleti peremén*, Malakológiai Tájékoztató, 18, 69-80
- Újvári G. (2001): *Negyedidőszaki üledékek malakológiai vizsgálata a Dél-Dunántúlon (Nagynyárad, Töttös)*, Malakológiai Tájékoztató, 19, 37-45
- Újvári G. (2002a): *A Monyoródi Téglaagyár pleisztocén rétegsorának malakológiai vizsgálata*, Malakológiai Tájékoztató, 20, 15-24
- Újvári G. (2002b): *A bácsfapusztai feltárás lösz-paleotalaj sorozatának Mollusca-faunája*, Malakológiai Tájékoztató, 20, 25-34
- Újvári G. (2003): *A lipódi feltárás (Dél-Baranyai-dombság, Magyarország) negyedidőszaki üledéksorának Mollusca-faunája*, Malakológiai Tájékoztató, 21, 19-27
- Újvári G. (2004a): *A villánykövesdi téglagyár rétegsorának malakofaunája*, Malakológiai Tájékoztató, 22, 39-49
- Újvári G. (2004b): *Enyhe klímán képződött löszök a Dunántúl déli részén*, Földtani Közlöny, 134/3, 413-422
- Újvári G. (2006): *A beremendi Szőlő-hegy lösz-paleotalaj sorozata mollusca-faunájának ökoszisztémazottani és rétegtani értékelése*, Földtani Közlöny, 136/1, 87-103
- Újvári G., Kovács J., Varga Gy., Raucsik B., Marković, S.B. (2010): *Dust flux estimates for the Last Glacial Period in East Central Europe based on terrestrial records of loess deposits: a review*, Quaternary Science Reviews, 29, 3157-3166
- Újvári G., Varga A., Raucsik B., Kovács J. (2014): *The Paks loess-paleosol sequence: A record of chemical weathering and provenance for the last 800 ka in the mid-Carpathian Basin*, Quaternary International, 319, 22-37
- Varga A., Fűköh L., Krolpp E. (2005): *Magyar malakológiai bibliográfia (1727-2004)*, Malakológiai Tájékoztató, 23, 5-129
- Varga A., Újvári G., Raucsik B. (2011): *Tectonic versus climatic control on the evolution of a loess-paleosol sequence at Beremend, Hungary: An integrated approach based on paleoecological, clay mineralogical and geochemical data*, Quaternary International, 240, 71-86
- Wacha, L., Galović, L., Koloszar L., Magyarai Á., Chikán G., Marsi I. (2013): *The chronology of the Šarengrad II loess-paleosol section (Eastern Croatia)*, Geologica Croatica, 66/3, 191-203
-

- 
- Welter-Schultes, F. (2012): *European non-marine molluscs, a guide for species identification*, Planet Poster Editions, Göttingen, pp. 679
- Wentworth, C.K. (1922): *A scale of grade and class terms for clastic sediments*, Journal of Geology, V.30, 377-392
- Willis, K.J., Rudner E., Sümegei P. (2000): *Full-glacial forests of Central and South Eastern Europe*, Quaternary Research, 53, 203-213
- Wimpenny, J., Jin, T.Z., Tollstrup, D., Xie, L.W., Sun, J. (2014): *Using Mg isotope ratios to trace Cenozoic weathering changes: A case study from the Chinese Loess Plateau*, Chemical Geology, 376, 31-43
- Wolf, H. (1867): *Geologisch-geographische Skizze der ungarischen Tiefebene*, Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt Wien, 17, 517-552
- Zhou, L.P., Oldfield, F., Wintle, A.G., Robinson, S.G., Wang, J.T. (1990): *Partly pedogenic origin of magnetic variations in Chinese loess*, Nature, 346, 737-739

---

## 10. Ábrajegyzék és táblázatjegyzék

|  |    |
|--|----|
| 1. ábra – A vizsgált lösz-paleotalaj szelvények elhelyezkedése, a bemutatásuk sorrendjében sorszámozva (1. Villánykövesd, 2. Máza, 3. Szálka, 4. Atyavár/Šarengard, 5. Veresmart/Zmajevac); a ddm az ELTE Geofizikai és Űrtudomány Tanszék projektje alapján 2001-2004 között kidolgozott „A Pannon-medence geodinamikájának atlasza: Eurokonform térképsorozat és magyarázó” térképsorozat része ( <a href="http://geophysics.elte.hu/atlas/geodin_atlas.htm">http://geophysics.elte.hu/atlas/geodin_atlas.htm</a> )..... | 16 |
| 2. ábra – A villánykövesdi szelvény elhelyezkedése a Kárpát-medencében és a szűkebb környezetében (a szelvény helyét a sárga nyíl jelöli).....   | 17 |
| 3. ábra – A villánykövesdi lösz-paleotalaj szelvény litológiai leírása, szervesanyag és karbonáttartalom, valamint szemcseösszetételi eredményei.....  | 18 |
| 4. ábra – Villánykövesd, téglagyár szelvény MS és geokémiai főelem vizsgálatának eredményei .....  | 22 |
| 5. ábra – A villánykövesdi lösz-paleotalaj szelvény fajsztű malakológiai vizsgálatának eredményei: dominancia és abundancia viszonyok, malakológiai horizontok abszolút koradattal (a fajok ökológiai csoportjai: 1. melegkedvelő fajok, 2. mezofil fajok, 3. hidegtűrő fajok, 4. hidegkedvelő fajok).....   | 24 |
| 6. ábra – A villánykövesdi lösz-paleotalaj szelvény csigafaunájának hőmérsékleti igény szerinti csoportosítása; dominancia és abundancia viszonyok, abszolút koradat és malakológiai horizontok.....   | 25 |
| 7. ábra – A Villánykövesd, téglagyári szelvény geokémiai és malakológiai eredményei .....  | 27 |
| 8. ábra – A Máza, téglagyári szelvény elhelyezkedése a Kárpát-medencében és a szűkebb környezetében (a szelvény helyét a sárga nyíl jelöli).....   | 29 |
| 9. ábra – Máza, téglagyár lösz-paleotalaj szelvény litológiai leírása, szervesanyag és karbonáttartalom, valamint szemcseösszetételi eredményei.....   | 30 |
| 10. ábra – A mázai lösz-paleotalaj szelvény MS és geokémiai főelem vizsgálatának eredményei .....  | 34 |
| 11. ábra – A mázai lösz-paleotalaj szelvény fajsztű malakológiai vizsgálatának eredményei: dominancia és abundancia viszonyok, malakológiai horizontok abszolút koradatokkal (a fajok ökológiai csoportjai: 1. melegkedvelő fajok, 2. mezofil fajok, 3. hidegtűrő fajok, 4. hidegkedvelő fajok, 5. sporadikus héjtartalom).....  | 36 |
| 12. ábra – A mázai lösz-paleotalaj szelvény csigafaunájának hőmérsékleti igény szerinti csoportosítása; dominancia és abundancia viszonyok, abszolút koradatok és malakológiai horizontok .....  | 38 |
| 13. ábra – A Máza, téglagyári szelvény geokémiai és malakológiai eredményei.....   | 40 |

|   |    |
|---|----|
| 14. ábra – A Szálka, strand lösz-paleotalaj szelvény elhelyezkedése a Kárpát-medencében és a szűkebb környezetében (a szelvény helyét a sárga nyíl jelöli).....   | 42 |
| 15. ábra – Szálka, strand lösz-paleotalaj szelvény litológiai leírása, szervesanyag és karbonáttartalom, valamint szemcseösszetételi eredményei.....  | 43 |
| 16. ábra – A szálkai lösz-paleotalaj szelvény MS és geokémiai főelem vizsgálatának eredményei .....   | 46 |
| 17. ábra – A szálkai lösz-paleotalaj szelvény fajszintű malakológiai vizsgálatának eredményei: dominancia és abundancia viszonyok, feltételezett malakológiai horizontok (a fajok ökológiai csoportjai: 1. melegkedvelő fajok, 2. mezofil fajok, 3. hidegtűrő fajok, 4. sporadikus héjtartalom).....  | 48 |
| 18. ábra – A szálkai lösz-paleotalaj szelvény csigafaunájának hőmérsékleti igény szerinti csoportosítása; dominancia és abundancia viszonyok, feltételezett malakológiai horizontok.....  | 49 |
| 19. ábra – A Szálka, strand szelvény geokémiai és malakológiai eredményei .....   | 50 |
| 20. ábra – Az Atyavár (Šarengrad) II szelvény elhelyezkedése a Kárpát-medencében és a szűkebb környezetében (a szelvény helyét a sárga nyíl jelöli).....  | 52 |
| 21. ábra – Az Atyavár (Šarengrad) II lösz-paleotalaj szelvény litológiai leírása, szervesanyag és karbonáttartalom, valamint szemcseösszetételi eredményei .....  | 53 |
| 22. ábra – Az atyavári (šarengradi) lösz-paleotalaj szelvény MS és geokémiai főelem vizsgálatának eredményei.....   | 58 |
| 23. ábra – Az atyavári (šarengradi) lösz-paleotalaj szelvény fajszintű malakológiai vizsgálatának eredményei: dominancia és abundancia viszonyok, malakológiai horizontok abszolút koradatokkal (a fajok ökológiai csoportjai: 1. melegkedvelő fajok, 2. mezofil fajok, 3. hidegtűrő fajok, 4. hidegkedvelő fajok, 5. édesvízi fajok) ..... | 60 |
| 24. ábra – Az Atyavár (Šarengrad) II lösz-paleotalaj szelvény csigafaunájának hőmérsékleti igény szerinti csoportosítása; dominancia és abundancia viszonyok, abszolút koradatok és malakológiai horizontok .....   | 62 |
| 25. ábra – Az Atyavár (Šarengrad) II szelvény geokémiai és malakológiai eredményei .....  | 64 |
| 26. ábra – A Veresmart (Zmajevac) mellett található lösz-paleotalaj szelvény elhelyezkedése a Kárpát-medencében és a szűkebb környezetében (a szelvény helyét a sárga nyíl jelöli) .....  | 65 |
| 27. ábra – A veresmarti (zmajevaci) lösz-paleotalaj szelvény litológiai leírása, szervesanyag és karbonáttartalom, valamint szemcseösszetételi eredményei .....   | 67 |
| 28. ábra – A veresmarti (zmajevaci) szelvény MS és geokémiai főelem vizsgálatának eredményei .....  | 70 |
| 29. ábra – A Veresmart (Zmajevac) lösz-paleotalaj szelvény fajszintű malakológiai vizsgálatának eredményei: dominancia és abundancia viszonyok,   |    |

---

|   |    |
|---|----|
| malakológiai horizontok abszolút koradatokkal (a fajok ökológiai csoportjai: 1. melegkedvelő fajok, 2. mezofil fajok, 3. hidegtűrő fajok, 4. hidegkedvelő fajok) .....  | 72 |
| 30. ábra – A veresmarti (zmajevaci) lösz-paleotalaj szelvény csigafaunájának hőmérsékleti igény szerinti csoportosítása; dominancia és abundancia viszonyok, abszolút koradatok és malakológiai horizontok .....  | 73 |
| 31. ábra – A veresmarti (zmajevaci) szelvény geokémiai és malakológiai eredményei .....   | 74 |
| 32. ábra – A vizsgált szelvények kronológiai korrelációja a rajtuk mért abszolút koradatok alapján a globális trendekhez viszonyítva, és a szelvények litológiája, valamint a rekonstruált MIS időszakok (1. glaciális időszak, 2. interstadiális időszak, 3. interglaciális időszak) ..... | 77 |
| 33. ábra – A felső-pleisztocén szelvények és a veresmarti (zmajevaci) szelvény felső-pleisztocén szakaszának paleoökológiai eredményei a malakológiai vizsgálatok alapján .....   | 79 |
| 34. ábra – A középső-pleisztocén korú atyavári (šarengradi) szelvény és a veresmarti (zmajevaci) szelvény középső-pleisztocén szakaszának paleoökológiai eredményei a malakológiai vizsgálatok alapján .....  | 80 |
| 1. táblázat: A szárazföldi csigafajok ökológiai igényei szerinti csoportok (Sümegei, 2001) .....  | 12 |